

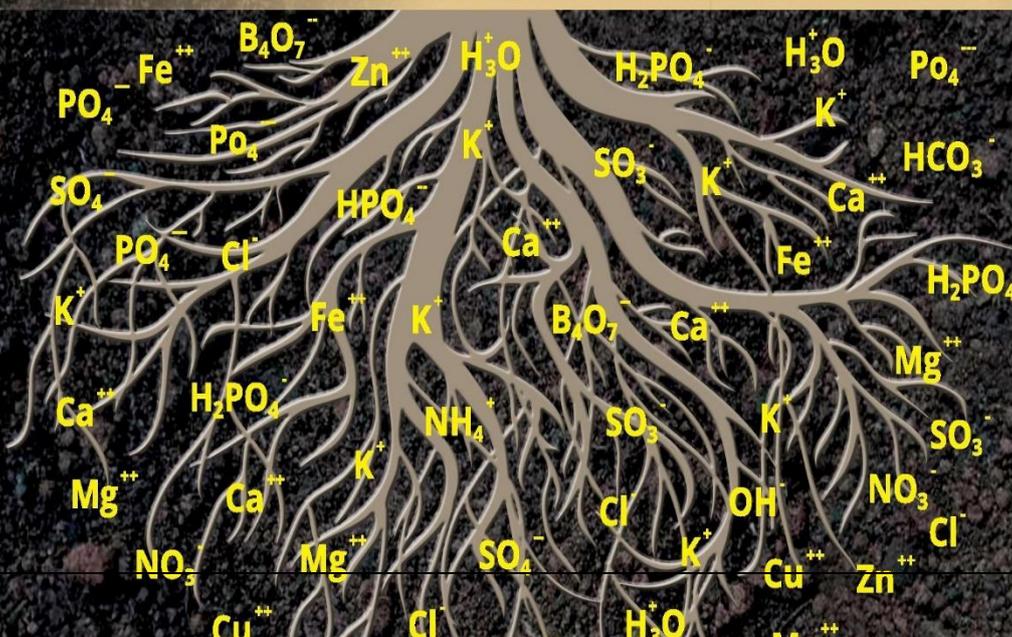
# Manejo de Fertirrigação

## Regra de Ouro da Fertirrigação

### Perguntas e Respostas sobre Fertirrigação

**Luiz Dimenstein**

*Método para dosagem de  
fertirrigação por concentração*



2ª Edição

Janeiro 2019

# Índice

Sumário	pag. 4
Premissas e conceitos	pag. 8
Premissa Nº1 – Salinidade	pag. 9
Premissa Nº2 – pH	pag. 18
Premissa Nº3 – ppm	pag. 22
Premissa Nº4 – Extratores de Solução do Solo e kits rápidos	pag. 23
Nitrito & Nitrito	pag. 25
Amônio	pag. 26
Fosfato	pag. 27
Potássio	pag. 28
Cálcio	pag. 30
Cloreto	pag. 31
Sulfato	pag. 32
Magnésio	pag. 34
Cobre	pag. 35
Ferro	pag. 36
Interpretações	pag. 37
Premissa Nº5 – Quantidade x Concentração	pag. 39
Premissa Nº6 – Regra de Ouro da Fertirrigação	pag. 41
Parâmetros para os principais cultivos	pag. 43
Perguntas & Respostas sobre Fertirrigação	pag. 50
1. Por que usar 3 profundidades de Extratores de Solução do Solo (ESS) e por que 15, 30 e 45 cm?	pag. 50
2. Como escolher os fertilizantes para usar via fertirrigação e como escolher a fonte de N entre Ureia, Amônio ou Nitrito?	pag. 52
3. Fertirrigação é um complemento da adubação ou deveria ser 100% dos fertilizantes aplicados em cultivos irrigados, eliminando as adubações tradicionais de solo de base e coberturas?	pag. 53
4. Doses de Fósforo solúvel via fertirrigação são pequenas e frequentes. Por que?	pag. 54
5. Como devemos agir com fertirrigação na estação chuvosa que normalmente fornece generosas quantidades de água e se concentram em 3 – 4 meses do ano?	pag. 57
6. Com que frequência deve-se fazer fertirrigações?	pag. 59
7. Como corrigir se a água original da irrigação (rio, lago, açude, poço) tiver o pH fora do ideal, ou muito ácido ou muito alcalino?	pag. 60
8. Análise de solo tradicional pode ajudar?	pag. 60
9. E análise foliar ou de tecido?	pag. 61
10. O que fazer se identificar que apareceu Nitrito (NO <sub>2</sub> -) que é tóxico para as plantas?	pag. 63
11. Por que não posso misturar no tanque Cálcio com Fosfatos e Sulfatos?	pag. 64
12. É melhor utilizar fertilizantes individuais ou misturas prontas que podem ter NPK + Macros secundários + Micros?	pag. 64
13. Alguma restrição nas fertirrigações entre gotejamento e pivô central?	pag. 66
14. Cloretos são nocivos via fertirrigação? Qual a tolerância?	pag. 68
15. O que é Índice Salino que encontramos na sacaria dos fertilizantes?	pag. 69
16. Qual a importância do grau de exatidão dos kits rápidos de fita colorimétrica, titulação ou turbidez? Temos realmente necessidade de testes com maior precisão?	pag. 71
17. Entre os micronutrientes apenas há kits para Ferro e Cobre. Por que não há kits também para os demais micronutrientes?	pag. 73
18. Os softwares e aplicativos que automatizam irrigações e adicionam sensores de pH e CE para definir doses e tipos de fertilizantes para aplicar via fertirrigação são eficientes? Funcionam bem? Podemos ficar tranquilos e confiantes que essas automações irão fazer o manejo correto de fertirrigação? Contém 4 premissas.	pag. 73



19.	Os projetos de irrigação no mundo evoluíram muito desde os anos 80, enquanto que os cursos de agronomia, e de técnicos agrícolas estagnaram na formação profissional para manusear as lavouras irrigadas com uma grade curricular obsoleta, ainda voltada para a típica agricultura de sequeiro. Como modernizar para suprir a demanda crescente por esse tipo de profissional com o gargalo educativo?	pag. 78
20.	Quantas estações de tubos Extratores de Solução do Solo (ESS) colocar em uma fazenda? Que tamanho de área uma ESS cobre?	pag. 79
21.	Como tratar os Extratores de Solução do Solo (ESS) em solos com texturas extremas, ou muito arenoso, ou muito argiloso?	pag. 80
22.	Como manipular via fertirrigação o BRIX ou formação de açúcares em frutas em geral ou em cana ou tomates para indústria ou tomates cereja baseado nos níveis de CE e nos nutrientes que participam do metabolismo dos açúcares.	pag. 81
23.	As irrigações noturnas para aproveitar as tarifas de energia mais baratas, tem alguma vantagem agrônômica? Como é a absorção pelas raízes à noite?	pag. 83
24.	Irrigação de subsuperfície. Como fazer o manejo de fertirrigação?	pag. 87
25.	Por que a Ureia não tem condutividade elétrica?	pag. 88
26.	Devemos considerar a contribuição dos íons não nutrientes na CE, como Bicarbonatos, Alumínio, Sódio, etc.?	pag. 89
27.	As relações entre 3 principais cátions K, Ca e Mg na solução do solo dependem da fase fenológica do cultivo?	pag. 89
28.	Qual seria o nível adequado em ppm de Cálcio, de Potássio e de Magnésio para o cultivo de batata na fase de enchimento dos tubérculos? Estariam esses nutrientes relacionados a CE na solução do solo nessa fase fenológica?	pag. 90
29.	Fertirrigação com lâmina insuficiente. O que acontece com déficit hídrico quando se irriga menos do que seria ideal?	pag. 92
30.	A chamada nova teoria da "Dupla-Relatividade" para fertirrigação. O que seria essa teoria? Contém 20 premissas.	pag. 93
31.	É possível combater nematoides via fertirrigação?	pag. 102
32.	A injeção de fertilizantes no sistema deve ser feita antes ou depois da filtragem?	pag. 103
33.	Quais as principais novidades no mercado de fertilizantes solúveis?	pag. 104
	a. PeKacid para fertirrigação ácida e para limpeza de sistema de irrigação	pag. 104
	b. PeKacid para uso foliar com ação fitossanitária – Projeto ParaNutri e Patente	pag. 104
	c. Acid-NPK contém PeKacid na mistura para fertirrigação e para uso conjunto com herbicidas.	pag. 110
	d. Nitrato de Magnésio Puro e Nitrato de Magnésio enriquecido com Micronutrientes no grão ou com o aditivo polipeptídio chamado pela sigla RNA* do inglês <i>Release Nutrient Additive</i> ou Aditivo de Liberação de Nutrientes que é um precursor do novo quelante biodegradável IDHA.	pag. 110
	e. Nitrato de Cálcio enriquecido com Micronutrientes no grão ou com o aditivo polipeptídio chamado pela sigla RNA* do inglês <i>Release Nutrient Additive</i> ou Aditivo de Liberação de Nutrientes que é um precursor do novo quelante biodegradável IDHA.	pag. 111
	f. NPK + opcionais Micronutrientes + RNA*	pag. 113
	g. NPK com Polyfosfato + PeKacid + opcionais Micronutrientes + RNA*	pag. 119
34.	É possível usar Extratores de Solução do Solo (ESS) em cultivos de sequeiro?	pag. 120
35.	Quais são as características que fazem do gotejamento o sistema de irrigação mais eficiente entre todos os outros?	pag. 121
	Resumo curriculum do autor	pag. 123
	Bibliografia	pag. 125



# Manejo de Fertirrigação

## Regra de Ouro da Fertirrigação

### Perguntas & Respostas sobre Fertirrigação

*Método para dosar fertirrigação por concentração*

*2ª Edição Janeiro 2019*

Luiz Dimenstein - M.Sc.Agr

[luiz.dimenstein@gmail.com](mailto:luiz.dimenstein@gmail.com)

+55-11-97622-6190

## Sumário

Para suprir a lacuna na literatura de como efetuar fertirrigações e pôr em prática a palavra "manejo", uma sequência de premissas são apresentadas para facilitar a o entendimento de como agir no campo para cultivos irrigados e utilizando as decisões de doses e fontes de fertilizantes solúveis ou líquidos para fáceis ajustes visando otimização da nutrição e respeitando a fisiologia das plantas para que se evite os limitantes de produtividades de origem nutricional e que o máximo de fotossíntese ocorra. Manejo é de fato tomada de decisão, talvez a "**anti-receita de bolo**" em que para cada irrigação e fertirrigação temos agora ferramentas simples e rápidas que nos fornecem informações atualizadas do status nutricional das plantas, disponibilidades dos nutrientes, níveis de pH e salinidade (CE) junto às raízes nas profundidades relevantes.

As manipulações da salinidade através da condutividade elétrica (CE) e também do pH via fertirrigações são apresentados, discutidos e exemplificados.



Sair de doses quantitativas típicas de agricultura de sequeiro como kg/hectare ou g/planta para adotar doses via concentração de nutrientes na água de irrigação em g/m<sup>3</sup> (gramas por metro cúbico de irrigação e 1m<sup>3</sup> = 1000 litros) passa a ser extremamente fácil depois de quebrar a barreira inicial de resistência por parte dos agricultores tradicionalistas, pela praticidade e facilidade em como trabalhar com doses medidas em ppm (partes por milhão) em vez de %, apenas usando regra de três com a nova “**Regra de Ouro da Fertirrigação**” em que **100g/m<sup>3</sup>** de qualquer fertilizante solúvel passa a garantia da fórmula de **% para ppm**. Os kits rápidos sejam de fita colorimétrica, de titulação e de turbidez, são extremamente simples e entre 1 – 2 minutos apresentam os resultados apenas de nutrientes disponíveis e já em ppm do que esteja livre junto as raízes, e as amostras da solução nutritiva do solo são facilmente coletadas com tubos de sucção a vácuo, chamados de **Extratores de Solução do Solo** (ESS). É praticamente uma mímica do que as raízes estão de fato usufruindo diretamente da solução do solo e nós obtemos a amostra fiel ao que as raízes estão captando. A frequência de coletas é flexível e cada um decide quando deseja medir os níveis de nutrientes disponíveis na solução do solo. Se as amostras apresentarem problemas tais quais faltas ou excessos, identificação de lixiviações, pH fora do intervalo desejado, CE muito alta ou muito baixa, daí seria prudente coletar amostras mais frequentemente para verificação dos possíveis ajustes e posteriormente após conseguir obter níveis adequados, entrar para a fase de manutenção com maiores intervalos de amostras da solução do solo. Exemplos de interpretações de resultados e como efetuar correções são apresentados.

Parâmetros para mais de 100 diferentes cultivos são sugeridos apresentando os intervalos aceitáveis para Condutividade Elétrica (CE), pH, Cloretos, Nitratos, Fosfatos, Potássio, Cálcio, Magnésio e



Sulfatos. São intervalos em que os valores menores se aplicam para plantas jovens ou fase vegetativa e vão aumentando ao longo do ciclo de cultivo até maturação para os valores maiores sugeridos. Muito provavelmente, a pesquisa irá ajustar esses valores em alguns casos. Aqui apresentamos os valores sugeridos até o momento atual, considerando valores dentro dos intervalos fisiológicos para obter um desempenho viável sem cair em “**erros grosseiros**”, que por definição seriam erros não intencionais que se praticam por desconhecimento simples de não saber o status nutricional daquele momento. Exemplo: aplicar fertilizantes de tendência ácida i.e. Sulfato de Amônio ou MAP Purificado, sem saber qual o pH atual da solução do solo, porém se esse pH for identificado na solução do solo já bastante ácido, suponha cerca de pH ~5, seria sim um “erro grosseiro” efetuar aplicações via fertirrigações com os fertilizantes de tendência ácida, enquanto que o manejo adequado seria evitar esses fertilizantes ácidos e escolher outros de tendência mais alcalina como Nitratos de Potássio e de Cálcio, entre outros.

Outro exemplo de “**erro grosseiro**” seria aplicar desnecessariamente algum nutriente cujos testes já indicam valores altos, portanto, não haveria necessidade de novas aplicações naquele momento e seguiríamos acompanhando e monitorando esses níveis dos vários nutrientes na solução do solo para os ajustes caso a caso, evitando tanto faltas como excessos. De modo bem prático os Extratores de Solução do Solo (ESS) são colocados em 3 profundidades (15, 30 e 45 cm) e se os nutrientes e a CE estiverem bem distribuídos entre as 3 profundidades significam também que a lâmina de rega está adequada, entretanto se os nutrientes e a CE estiverem mais elevados no tubo ESS mais profundo indicando lixiviação clara e seria mais um erro grosseiro seguir aplicando a mesma lâmina de rega, quando seria



evidente reduzir a lâmina, desde que quem decide sobre o manejo tenha essa ferramenta de coleta e fácil medição com os kits rápidos.

Na sequência, apresentamos uma série de **Perguntas & Respostas** sempre tão comuns na agricultura irrigada com temas polêmicos com foco em manejo e assim apresentar de forma bem didática os ensinamentos que podem ser úteis.

Vamos às premissas...



## Premissas e conceitos

São verdades que servem de base para sustentar uma ideia em uma sequência lógica, repleta de argumentos fortes e de fácil entendimento para o objetivo prático de fazer do manejo de fertirrigação algo acessível e fácil dentro do enredo que evolui ao longo das premissas, ao alcance todos os níveis de agricultores desde os mais altos acadêmicos até os que não tiveram acesso aos estudos, em um trabalho típico de extensão rural na arte de tornar o tema menos complexo para o que até então era tratado como “receita de bolo”. O desfecho vem com a “**Regra de Ouro da Fertirrigação**” que traz ao nível popular o manejo do dia a dia das fertirrigações tornando a agronomia uma ciência de decisões coerentes, práticas e eficazes via fertirrigação. Detalhes e exemplos de uso dessa regra de ouro da fertirrigação estão apresentadas aqui.



## Premissa Nº1 – Salinidade:

A maioria dos fertilizantes solúveis são sais. Na fase sólida os sais são neutros, entretanto, ao dissolver em água os componentes dos sais se dissociam em cargas elétricas positivas, os cátions e as negativas, os ânions. Assim que os sais dissolvidos em água conduzem eletricidade e podem ser medidos por um aparelho de simples uso chamado de condutivímetro que mede a condutividade elétrica abreviada como CE. A nossa sorte é que a CE é proporcional a concentração de sais em um volume determinado de água e isso facilita nossa interpretação de salinidade para uso via fertirrigação que vamos explicar na sequência dos argumentos.

Um fertilizante ou sal individual ou um coquetel de fertilizantes misturados, ao dissolver na proporção de 1g/L terá uma salinidade  $x$ , daí posso afirmar que esse mesmo fertilizante ou coquetel de fertilizantes com o dobro da dose em 2g/L terá uma salinidade de  $2x$ , se for 3g/L terá salinidade de  $3x$ , e assim por diante até a saturação que já fica fora da escala agrônômica que é a partir de 7g/L quando deixa de ser proporcional. O normal é trabalharmos via fertirrigação em doses suaves e frequentes a assim evitamos chegar a doses de maiores que 7g/L. Na prática, ficamos normalmente abaixo de 2g/L que é equivalente a  $2\text{kg/m}^3$ . Significa que aplicando 2kg do fertilizante solúvel em cada  $\text{m}^3$  (1000 L) de irrigação, obteremos a CE do dobro do mesmo fertilizante com  $1\text{kg/m}^3$ .

As unidades de CE passaram a homenagear um cientista com nome de Siemens e a unidade oficial é dS/m (deciSiemens por metro). Como até os anos 90 do século 20 se utilizava mmho/cm, é comum expressar a unidade em centímetro em vez de metro, chegando a mS/cm (miliSiemens por centímetro). Há condutivímetros que expressam em



$\mu\text{S/cm}$  (microSiemens por centímetro) que é 1000x mais diluído que  $\text{mS/cm}$ . Pode-se considerar:

$$1\text{dS/m} = 1\text{mS/cm} = 1\text{mmho/cm} = 1000\mu\text{S/cm}$$

Uma curiosidade era a unidade anterior mmho porque mho para condutividade que é o inverso da resistência elétrica chamada de ohm, assim que escreveram a unidade de trás pra frente ficou mho e como se usava a unidade por centímetro se dividiu por 1000 ficando milimho/cm (mmho/cm).

Para ter uma ideia sobre os níveis de salinidade que encontramos na água do mar, na seiva das plantas (média) e o intervalo de salinidade considerado fisiológico para a maioria das plantas cultivadas, observem a tabela abaixo:

Salinidade	CE mS/cm
Água pura	0
Água do Mar	53
Seiva – média	7
Solução do solo ideal	1 a 3



Quando a solução nutritiva do solo está com a CE baixa ou muito diluída, as raízes absorvem essa solução com facilidade, à medida que a planta transpira e assim poucos nutrientes entram para as plantas nesse processo em que a transpiração ocorre e a solução nutritiva entra para repor a perda hídrica.

O caso oposto com CE elevada, dificulta a absorção da solução do solo concentrada em que a salinidade retém com muita força a água no solo, dificultando a sua absorção pelas raízes. Essa força contrária as raízes pode ser medida considerando a proporção de que a CE = 1 mS/cm gera uma tensão (pressão negativa) de -0,3 ATM. Para CE = 2 mS/cm a tensão contrária às raízes seria o dobro, chegando a -0,6 ATM, e segue proporcional até o limite de CE = 7 mS/cm que seria equivalente ao da média da seiva das plantas. Portanto se na solução do solo a salinidade for maior do que dentro das plantas, essa sofreria desidratação perdendo água para o solo. É claro que o manejo adequado tende a manter a salinidade da solução do solo junto as raízes entre 1 e 3 mS/cm considerado o intervalo fisiológico onde a maioria das plantas cultivadas conseguem extrair suficiente água e os nutrientes que estiverem dissolvidos formando a solução nutritiva em uma concentração que seja tolerada pelas plantas e ao mesmo tempo útil fornecendo alimento para as plantas.

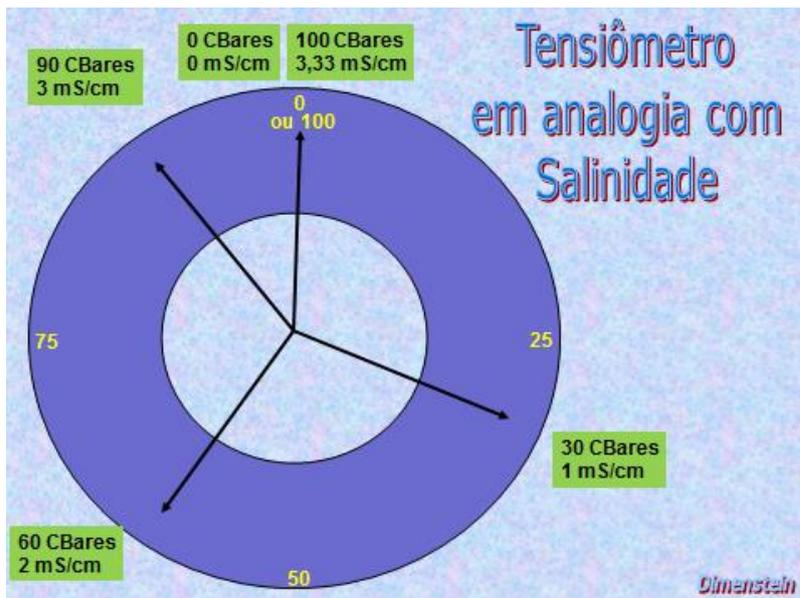
Manipular os níveis de salinidade junto às raízes no volume de solo úmido através do manejo de fertirrigação é o grande desafio da agronomia para otimizar as doses dos diferentes sais (fertilizantes) ao longo das diferentes fases fenológicas (estágios de desenvolvimento dos cultivos: vegetativo, floração, enchimento de grãos ou de frutos, maturação).



CE mS/cm	Tensão ou Pressão Negativa ATM
<b>1</b>	<b>-0.3</b>
<b>2</b>	<b>-0.6</b>
<b>3</b>	<b>-0.9</b>
<b>4</b>	<b>-1.2</b>
<b>5</b>	<b>-1.5</b>
<b>6</b>	<b>-1.8</b>
<b>7</b>	<b>-2.1</b>

Como analogia entre a salinidade medida pela CE e a tensão gerada de -0,3 ATM para cada unidade de CE, gerando uma força contrária às raízes para a absorção da solução nutritiva do solo. Se um tensiômetro pudesse medir essa força negativa seria como o diagrama abaixo, mas evidentemente tensiômetros medem apenas disponibilidade de água independente da salinidade. Assim que essa analogia é apenas para mostrar que pode haver stress hídrico em solo úmido desde que os níveis de salinidade estejam altos porque os sais atuarão gerando tensão (pressão negativa) dificultando a absorção de solução nutritiva pelas raízes. Muitos dos sais que se acumulam no solo são originados dos fertilizantes aplicados em excesso:





A CE de 3,33 mS/cm seria equivalente a uma volta completa do relógio do tensiômetro, indicando que o nível de salinidade medida pela  $CE = 3,33 \text{ mS/cm}$  causaria uma retenção da água no solo resistindo a absorção pelas raízes similar a uma volta no tensiômetro que vale -1 ATM e no diagrama está na escala de CentiBares (CBares). 100 CBares = 1 ATM.

Isso confirma que pode ocorrer stress hídrico nas plantas mesmo com o solo molhado, desde que a CE esteja alta dificultando as raízes de absorver a solução do solo. Esse cenário pode ocorrer seja por salinidade natural do solo ou da água de irrigação, ou se for por excesso de aplicações de fertilizantes. Nesse último caso, teríamos o controle do manejo medindo a CE da solução do solo com certa frequência para ajustar as doses das fertirrigações.

O condutímetro não diferencia a composição de sais, medindo apenas a salinidade total. O grande desafio do manejo de fertirrigação é manipular a composição e as proporções dos sais fertilizantes. Manter a salinidade total medida pela CE dentro da tolerância fisiológica de cada cultivo e alterar as doses das fertirrigações para conseguir a



melhor resposta agronômica em cada fase do desenvolvimento dos cultivos.

Para melhor compreender a relação dos principais nutrientes presentes nos fertilizantes solúveis, basta identificar o que chamamos em química de "equivalentes", ou seja, o peso molecular dividido pela valência. Para Potássio  $K^+$  que é um cátion monovalente e seu peso molecular é 39 divide por 1 fica igual aos mesmos 39, assim que 1 equivalente de  $K^+$  é vale 39. Para o Cloreto  $Cl^-$  que é um ânion cujo peso molecular é 35 e também monovalente divide por 1 fica 35 que é 1 equivalente de Cloreto.

Para os bivalentes como Cálcio  $Ca^{++}$  com peso molecular 40 divide pela valência 2 para formar 1 equivalente de 20. Para Magnésio  $Mg^{++}$  com peso molecular 24 divide pela valência 2 para formar 1 equivalente de 12.

O próximo passo nesse entendimento é relacionar "equivalentes" com a condutividade elétrica, informando que 1 equivalente saliniza 0,1 mS/cm no condutivímetro. Assim que por exemplo 5 equivalentes de  $K^+$  saliniza 0,5 mS/cm no condutivímetro. De modo similar 3 equivalentes de  $Mg^{++}$  contribui na salinidade total com 0,3 mS/cm medido no condutivímetro.

O condutivímetro mede a salinidade total. CE = 1 mS/cm vale 10 equivalentes de cátions e 10 equivalentes de ânions, portanto são 20 equivalentes totais, sendo sempre metade de cátions e metade de ânions. Para uma CE = 2,5mS/cm, vale 25 equivalentes de cátions e também 25 equivalentes de ânions, para um total de 50 equivalentes de íons, sendo sempre metade de cátions e metade de ânions.

Qualquer sal dissolvido em água libera cátions e ânions de modo equilibrado em número de equivalentes. O condutivímetro mede a eletricidade de apenas uma das cargas, ou dos cátions, ou dos ânions,



e assim a CE identificada x 10 = N<sup>o</sup> de equivalentes de uma das cargas. Para o N<sup>o</sup> total de equivalentes somando cátions e ânions será o dobro. Exemplo para CE = 1,5 mS/cm, são 15 equivalentes de cátions e outros 15 equivalentes de ânions para um total de 30 equivalentes de todos os íons.

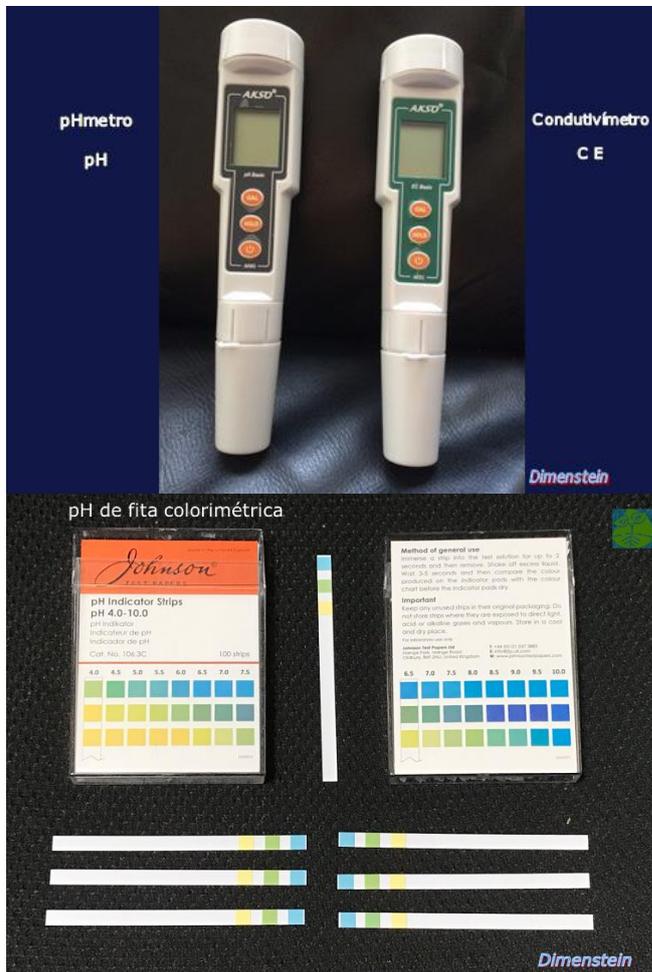
Veja abaixo uma tabela com um resumo:

CE mS/cm	Equivalentes Cátions	Equivalentes Ânions
<b>1</b>	10	10
<b>2</b>	20	20
<b>3</b>	30	30
<b>4</b>	40	40
<b>5</b>	50	50
<b>6</b>	60	60
<b>7</b>	70	70
<b>8</b>	Saturação	Saturação
<b>9</b>	Saturação	Saturação

Quando se domina a composição da salinidade na solução do solo, o condutímetro passa a ter uma função adicional ao de meramente medir a salinidade que as plantas toleram, mas passa a ser a ferramenta de manipulação das proporções dos nutrientes para as melhores respostas fisiológicas influenciando no desempenho das plantas



em cada fase fenológica de seu ciclo. O condutímetro é a alma do método.



Tradicionalis aparelhos digitais para medir CE e pH com calibragem automática. Importante o kit de pH de fita colorimétrica de simples uso, rápido e não necessita de calibragem. Serve também para saber se o pHmetro digital está necessitando de calibragem.

Calibragem do condutímetro se usa a solução padrão de 1,4 mS/cm e pode ser efetuada a cada 6 meses.

Calibragem do pHmetro se usam duas soluções de pH 7 e 4 ou 7 e 10 e pode ser efetuada sempre que a diferença entre o digital e o pH de fita tiver mais de 0,5 de diferença.

Instruções de como usar pH de fita varia com os fabricantes. Esse da foto acima é dos mais fáceis e rápidos – Introduzir a fita dentro da solução por um período de 2 segundos e esperar apenas mais 3 a 5 segundos antes de comparar com a escala na embalagem.

pHmetro digital - Introduzir apenas a parte do sensor até atingir o equilíbrio de leitura que deverá levar menos de 1 minuto.

Condutímetro digital - Introduzir apenas a parte do sensor até atingir o equilíbrio de leitura em cerca de 10 a 20 segundos aproximadamente.



## Premissa N°2 – pH:

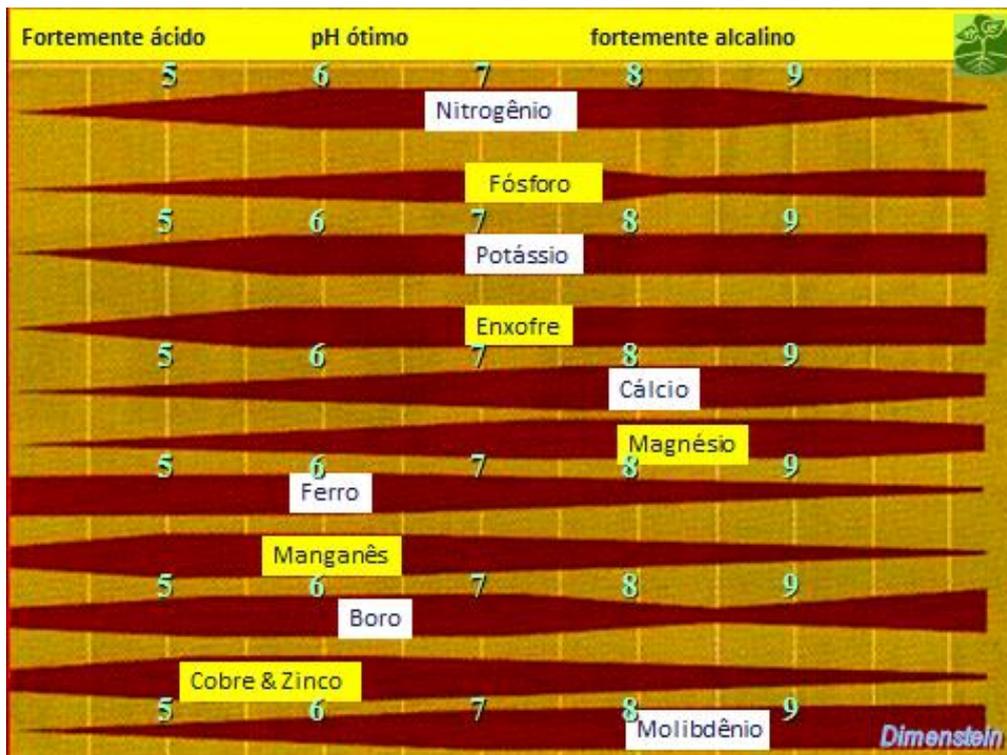
Já apresentados acima as ilustrações do pHmetro e do kit pH de fita.

A escolha dos fertilizantes solúveis terá forte influência no pH e na sua manipulação no bulbo molhado junto as raízes, na solubilidade dos nutrientes, na compatibilidade entre os nutrientes e outros íons não nutrientes presentes no solo e na flora microbiana do solo.

Observe no gráfico abaixo, a solubilidade e disponibilidade dos macros e micronutrientes em função do pH na solução do solo. Fica claro que o intervalo de equilíbrio fica entre 5,7 até 7,5 e o ponto médio de 6,5 como o valor médio desejável para manter todos os nutrientes disponíveis na fase solúvel. A escolha de fertilizantes solúveis de tendência mais ácida ou mais alcalina certamente irá influenciar no pH no bulbo molhado ao longo das muitas fertirrigações e o uso de pHmetro é a chave dessa decisão na escolha dos fertilizantes que colocarão o pH da solução do solo na faixa adequada para a melhor absorção pelas raízes.

Muitas vezes o poder tampão dos solos mais argilosos oferecem forte resistência a câmbios de pH mesmo com aplicações generosas de fertilizantes de tendências ácidas se o objetivo for reduzir o pH ou alcalinas no caso oposto. Já em solos arenosos essa tarefa é bem mais fácil, assim como em hidroponias.





A escolha da fonte de Nitrogênio deveria ser sempre baseada no pHmetro. Ureia (**OC(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>**), Amônio (**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**) ou Nitrato (**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**). Raízes de plantas só reconhecem e absorvem cargas elétricas, ou seja, cátions e ânions. A Ureia libera (**NH<sub>2</sub>**) que é uma amina e com duas aminas formam uma amida (**(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>**) sem carga elétrica. No solo a enzima urease quebra a ligação entre o **C** com **N** liberando na solução do solo duas aminas **NH<sub>2</sub>** que ficam instáveis e buscam no solo combinar com H livres. Assim que ao capturar o primeiro H passa a **NH<sub>3</sub>** que tem o nome de Amônia<sub>a</sub> (com **a** no final) e Amônia é um gás volátil, portanto, se estiver na superfície do solo em altas temperaturas de um dia de sol, certamente irá evaporar. Se, contudo, a Amônia estiver infiltrada dentro do solo, ganhará logo mais um H e passará a **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** e passará a se chamar de Amônia<sub>o</sub> (com **o** no final) e Amônio passa a ser um íon catiônico que as raízes reconhecem e podem finalmente absorver.



Observe que a primeira reação da Ureia que começou com  $\text{NH}_2$  e passou para  $\text{NH}_4^+$  foi de tirar da solução do solo 2 H livres e assim o pH da solução do solo fica momentaneamente mais alcalino.

Entretanto, o Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) normalmente encontra no solo uma população microbiana que tem grande afinidade por essa forma de Nitrogênio e são chamadas de bactérias nitrificadoras dos grupos Nitrospiras e Nitrosomonas que quebram as ligações químicas entre N e os 4 H liberando todos os 4 H para a solução do solo causando sua acidificação. Assim que a Ureia inicialmente rouba do solo 2 H e posteriormente devolve 4 H em um balanço final de acidificação do meio. A partir daí o N livre tende a reagir dessa vez com Oxigênio formando primeiro  $\text{NO}$  e na sequência  $\text{NO}_2^-$  (**Nitrito**) e outro grupo de bactérias de solo chamada de Nitrobacter finalmente farão a última fase da Nitrificação formando  $\text{NO}_3^-$  (**Nitrato**). Tanto  $\text{NO}_2^-$  como  $\text{NO}_3^-$  são ânions e as raízes os reconhecem e podem absorvê-los.  $\text{NO}_2^-$  é uma forma intermediária e em condições normais a bactérias nitrificantes completam o processo rapidamente formando  $\text{NO}_3^-$  que dentro da planta induz a produção interna da enzima Nitrato Redutase que transforma  $\text{NO}_3^-$  em  $\text{NH}_2$  (Amina) e daí se formam os aminoácidos e proteínas. Infelizmente as plantas tem baixa capacidade para sintetizar a enzima que decomporia o  $\text{NO}_2^-$  (Nitrito) que seria a Nitrito Redutase e quando as raízes absorvem  $\text{NO}_2^-$  esse ânion leva muito mais tempo para ser decomposto do que o  $\text{NO}_3^-$  e a planta fica com excesso de ânions internamente, travando a absorção de outros ânions além do próprio  $\text{NO}_3^-$  há forte inibição de Fosfatos, Sulfatos, Cloretos, Boratos e Molibdatos. Também as plantas diminuem a capacidade de produzir aminoácidos e proteínas. Em casos extremos pode ocorrer além do travamento do crescimento, abortamento de flores, chumbinho, frutos ou até de cachos inteiros.



As bactérias nitrificantes são aeróbicas e a causa principal para o acúmulo de Nitritos é a falta de Oxigênio no solo por compactação, encharcamento, por excesso de chuva ou de irrigação. Essas bactérias benéficas se multiplicam entre o pH 5 a 8, portanto, fora desse intervalo de pH as de bactérias são fortemente reduzidas no solo. Em regiões de clima frio há mais um fator que inibe essas bactérias que se multiplicam apenas acima de 8°C de temperatura do solo.

Quando as raízes absorvem  $\text{NO}_3^-$  que tem carga negativa, é normal exsudar hidroxilas  $\text{OH}^-$  para manter as plantas eletricamente neutras, e de modo similar ao absorver  $\text{NH}_4^+$  que tem carga positiva, exsudam prótons  $\text{H}^+$  e assim a fonte de N influi no pH da solução do solo.

Fontes de Potássio, temos com vários níveis de pH. **KNO<sub>3</sub>** – Nitrato de Potássio quando puro tem o pH entre 8 a 8,5. Já o **KCl** – Cloreto de Potássio é quase neutro próximo a 6,5. O chamado SOP (**K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**) Sulfato de Potássio tem o pH variável de acordo com o fabricante porque alguns utilizam maior quantidade de ácido sulfúrico para reagir com KCl e fazer SOP mais ácido, enquanto outros fabricantes usam menos ácido e produzem SOP alcalino, mas sem poder tampão. Há no mercado SOP com pH entre 3 até 9. Outra fonte de Potássio é **MKP** que também é rico em Fósforo (00-52-34) e o pH é de 4,5 com forte poder tampão. A fonte de Potássio mais ácida é o **PeKacid** que também é rico em Fósforo (00-60-20) com pH 2,2 e também com forte poder tampão. Além de inúmeras fórmulas obtidas com misturas de várias matérias primas e que podem ter pH bem variado. Qual seria então a melhor fonte de K? A resposta está com o pHmetro.

Há diversos produtos solúveis ou já líquidos que podem ter forte influência no pH e podem ser aplicados via fertirrigação. A decisão agrônômica depende de ter as informações para tomar as decisões de manejo na escolha dos fertilizantes com as características desejadas de pH, CE e teor de nutrientes para ajustes das doses a aplicar.



## Premissa N°3 – ppm:

Parte por milhão. São 6 zeros de diferença que podem ser mg/kg, ou g/ton, ou ml/m<sup>3</sup>. 1kg tem 1 milhão de mg; 1 ton tem 1 milhão de g; 1m<sup>3</sup> tem 1 milhão de ml.

% tem 1:100

ppm tem 1:1.000.000

Tirando 2 zeros do milhão fica 10.000, portanto 1% = 10.000 ppm.

1000 ppm vale 0,1%.

É preferível dizer por exemplo que temos 500 ppm de K do que 0,05% de K, mesmo sendo exatamente iguais.

As garantias de nutrientes dos fertilizantes solúveis comerciais estão todos em % descritos nas sacarias.

Os kits de análise dos nutrientes para identificar as concentrações na solução do solo estão todos em ppm.

Esse método apresentado aqui visa trazer o entendimento de manejo de fertirrigação a ser usado em ppm, que é uma forma de dosar concentrações, assim como nas sacarias dos fertilizantes aparecem as concentrações em % e fazemos a conversão para usar tudo em ppm que traz um entendimento mais simples e direto para o agricultor que vai usar a tradicional regra de 3 da matemática simples ao usar a regra de ouro da fertirrigação descrita em detalhes mais adiante nesse texto.



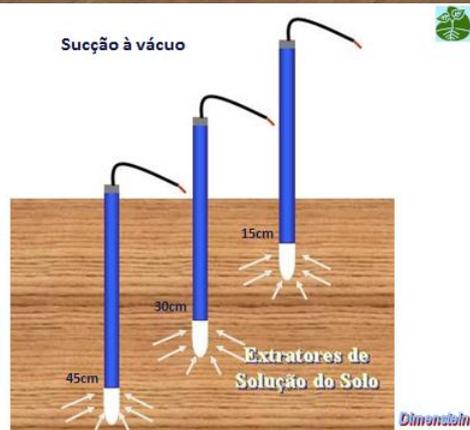
## **Premissa N°4 – Extratores de Solução do Solo (ESS) e kits rápidos:**

Em cultivos irrigados as coletas frequentes da solução do solo, substitui as tradicionais análises de solo pela dinâmica e facilidade em identificar apenas os nutrientes disponíveis. Os nutrientes que estiverem imobilizados no solo não são identificados na solução do solo e somente o que de fato estiver livre, dissolvido e na forma iônica, os kits rápidos mostrarão como disponíveis para absorção pelas raízes.

Nada mais prático do que comparar duas coletas em sequência com intervalo de tempo, por exemplo semanal, se identifica o DELTA ( $\Delta$ ) entre as duas coletas e se decide as doses via fertirrigação. Exemplo: se o Nitrato na semana passada foi identificado em 200 ppm e na semana atual foi para 150 ppm, temos um  $\Delta = 50$  ppm que indica que perdemos esse Nitrogênio e temos a opção de repor via fertirrigação essa dose, se o objetivo for manter os 200 ppm originais da semana anterior. É um jogo de identificar o status atual, comparar com a coleta anterior e manipular as doses das fertirrigações para os valores desejados que devem considerar o somatório de todos os nutrientes para que a salinidade total medida pela CE fique dentro do intervalo fisiológico para cada cultivo.

Identificar o  $\Delta$  dos vários parâmetros nutricionais tem um peso interpretativo maior do que os valores absolutos.





A coleta da solução nutritiva do solo pode ser feita com grande facilidade através do uso de tubos chamados de Extratores de Solução do Solo (ESS) que devem ser enterrados em 3 profundidades, normalmente 15, 30 e 45 cm, e com o auxílio de uma seringa se faz vácuo extraíndo o ar dos tubos quando o solo estiver molhado, ou seja, ao final de uma irrigação quando o solo estiver próximo à capacidade de campo é o momento ideal para engatilhar o vácuo, e ao repetir a retirada do ar por pelo menos 3 vezes pode-se perceber que o êmbolo da seringa vem com dificuldade indicando que o tubo de sucção está sob vácuo. Se o êmbolo da seringa ao puxar vier facilmente será sinal de que não fez vácuo. Em solo seco não se consegue fazer o vácuo. Após cerca de 2 horas de espera sob ação do vácuo a solução nutritiva do solo já enche os tubos extratores. Pode-se então liberar o vácuo e



com a própria seringa coletar as amostras e medir a CE para saber o nível de salinidade em cada horizonte onde se distribui o bulbo ou faixa de solo molhado onde se concentra o sistema radicular. Esses tubos ESS fazem uma mímica do que as raízes estão usufruindo de nutrientes disponíveis na solução do solo em cada profundidade coletada como amostra.

Os principais kits rápidos dos nutrientes de fita colorimétrica, titulação e turbidez:



### Nitrato & Nitrito -

Teste de fita colorimétrica com 2 reagentes na própria fita, representam as concentrações de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) para o reagente da extremidade cuja escala vai até 500 ppm; e o segundo reagente para Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) até 80 ppm. Há diferentes fabricantes.

Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é benéfico e nutriente útil para as plantas enquanto que a presença de Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é tóxica para as plantas, conforme já explicado no texto anterior.

## Amônio -



Há um kit de fita colorimétrica para medir Amônio  $\text{NH}_4^+$  que não serve para clima tropical ou para o período quente em outras regiões de clima temperado porque a velocidade de Nitrificação do Amônio é de 1 – 2 dias quando a temperatura do solo é  $> 30^\circ\text{C}$ . Nesse caso o kit de Amônio marcaria zero porque todo o N passaria rapidamente a Nitrato. Em climas amenos com temperaturas de solo entre  $15^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$  o Amônio fica disponível entre 1 – 3 semanas. Abaixo de temperatura  $8^\circ\text{C}$  não há nitrificação porque nessa temperatura do solo fria as bactérias nitrificantes param de se reproduzir.





  
Fosfato

**Fosfato** – Kit de fita colorimétrica que variam entre os fabricantes pela escala e no método de uso com ou sem reagentes.

Uma curiosidade é que os kits para fosfatos identificam o íon  $\text{PO}_4^{3-}$  e não em  $\text{P}_2\text{O}_5$  que aparece nas sacarias dos fertilizantes comerciais. Isso porque a indústria dos adubos adotou  $\text{P}_2\text{O}_5$  desde os anos 1920 porque a agronomia daquela época acreditava que as raízes absorviam nutrientes sempre na forma de óxidos e através de cálculos estequiométricos, deduziram que para fósforo, o formato de óxido seria  $\text{P}_2\text{O}_5$  e apenas muitos anos depois é que chegaram à conclusão que o formato seria de fosfato e depois para ortofosfato que é  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , e para os kits de fita colorimétrica que medem  $\text{PO}_4^{3-}$  temos que efetuar a conversão. Para passar  $\text{P}_2\text{O}_5$  para  $\text{PO}_4^{3-}$  multiplicar por 0,75. Exemplo: Fórmula NPK 30-20-10, os 20 de  $\text{P}_2\text{O}_5$  valem 15 de  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Os níveis ideais de  $\text{PO}_4^{3-}$  na solução do solo depende da textura do solo. 25 ppm para solos pesados argilosos e 50 ppm para solos leves arenosos. Valores intermediários para solos médios. Acima de 50 ppm, apenas para hidroponias que pode ficar entre 60 a 100 ppm de  $\text{PO}_4^{3-}$ .





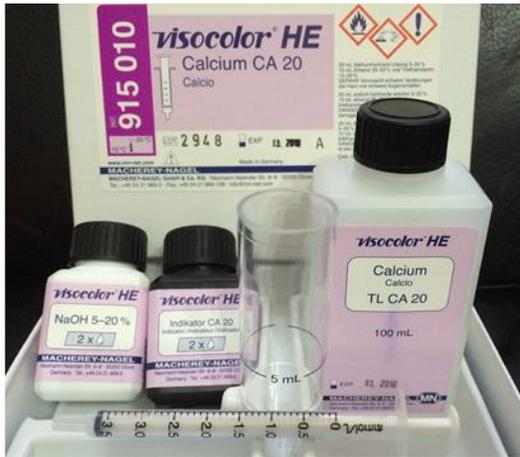
**Potássio** – É também um kit de fita colorimétrica. A escala do kit de Potássio começa em 200 ppm. É normal nas fases iniciais de cultivo, fase vegetativa manter o K<sup>+</sup> abaixo de 200 ppm e nesse caso pode-se ter a falsa impressão de que o valor seria zero, mas lembrem que 200 ppm é cerca de 5 equivalentes de K (39 x 5 = 195 ppm) e isso implica que o K<sup>+</sup> pode estar contribuindo para até 0,5 mS/cm na CE, mesmo se o kit de fita não mostrar ao menos 200 ppm que é a limitação da escala desse kit colorimétrico. Entretanto nas fases seguintes com maiores necessidades de K<sup>+</sup> a escala atende bem ao objetivo do monitoramento entre 200 e 700 ppm.

Similar ao que se comentou acima para fosfatos, o kit de Potássio mede o íon K<sup>+</sup> enquanto que os fertilizantes comerciais estão em K<sub>2</sub>O pelo mesmo critério que se acreditava nos anos 1920 que a absorção de nutrientes se dava na forma de óxidos, mas para o potássio isso é falso. As raízes absorvem K<sup>+</sup> e a conversão de K<sub>2</sub>O para K multiplica-se por 0,83. Exemplo: KCl com 60% de K<sub>2</sub>O multiplica 60 x 0,83 = 49,8 que em números redondos fica em 50 de K puro.



As indústrias de adubos consagraram na forma comercial os óxidos e assim como para fosfatos e para potássio, usam para outros nutrientes óxidos como para Cálcio seria  $\text{CaO}$  embora a forma de absorção de Cálcio na verdade é  $\text{Ca}^{++}$  e idem para o caso do Magnésio com  $\text{MgO}$ , embora as raízes absorvam  $\text{Mg}^{++}$ . Um caso curioso é o do Enxofre que a forma de Óxido escolhida naquela época foi de  $\text{SO}_3^{--}$  (Sulfito) enquanto que de fato a absorção do nutriente dominante seria  $\text{SO}_4^{--}$ . (Sulfato). Assim que embora algumas indústrias de fertilizantes declarem as garantias de Enxofre nas sacarias dos fertilizantes como  $\text{SO}_3^{--}$  (Sulfito), alguns países adotam o S elementar como a garantia de Enxofre a declarar no produto comercial.



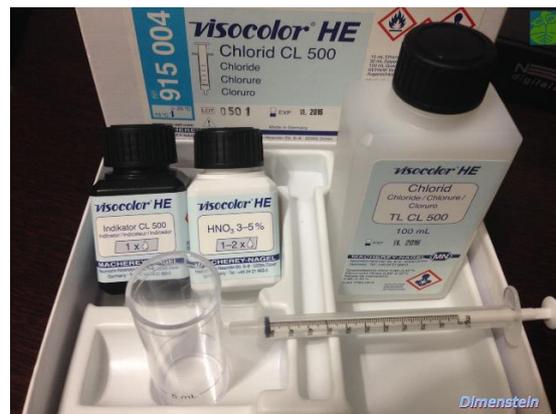


**Cálcio** – Kit de titulação. É um kit muito simples e fácil de manusear, em que se adicionam gotinhas de 3 reagentes de acordo com as instruções e se obtém mudança de cor na solução, bastando verificar o quanto se gastou do terceiro reagente para cambiar a cor da solução na proveta. Usa-se uma seringa é há duas escalas seja em  $^{\circ}d$  ou em mmol/L. A melhor sugestão é usar a escala em mmol/L considerando que para  $1 \text{ mmol/L} = 40 \text{ mg/L (ppm)}$  de Cálcio. Na outra escala (pouco utilizada) em  $^{\circ}d$  a conversão seria para  $5,6^{\circ}d = 40 \text{ mg/L (ppm)}$  Cálcio. Assim que vamos gotejar suficiente solução com a seringa até que a cor vermelha mude para azul em uma simples titulação. Quando a cor virar de vermelho para azul basta observar na seringa quanto se gastou da solução e para cada  $1 \text{ mmol/L} \times 40 =$  a concentração de Cálcio em ppm na amostra. Se gastar todo o volume da seringa que vale  $3,5 \text{ mmol/L} \times 40 = 140 \text{ ppm}$  e a cor não virar de vermelho para azul, deve-se voltar a preencher novamente a seringa para continuar a titulação indicando que a amostra deve ter maior concentração de Cálcio.

Como comentado antes, Cálcio normalmente aparece nas sacarias dos fertilizantes expresso na forma de óxido como CaO embora a forma de absorção de Cálcio na verdade é  $\text{Ca}^{++}$  e para converter basta multiplicar por 0,71.



## Cloreto por Titulação



**Cloreto** – Kit de titulação muito similar ao descrito para Cálcio. De acordo com o fabricante observar que um fabricante multiplica o gasto do terceiro reagente em ml e multiplica por 1000 para obter o resultado em ppm, assim que depois da mudança de cor basta observar o quanto gastou na escala da seringa e o resultado multiplicar por 1000 para obter mg/L = ppm. Se gastar metade do volume de uma seringa serão  $0,5\text{ml} \times 1000 = 500$  ppm de Cloreto na amostra. Se por exemplo, gastar  $0,3\text{ml} \times 1000 = 300$  ppm de Cloreto. Se a amostra inicial em vez de 5ml for o dobro para 10ml, o volume gasto na seringa do terceiro reagente em vez de multiplicar por 1000 seria a metade, multiplicando por 500. Exemplo: gastou na seringa para a solução virar de amarela para violeta o volume de  $0,5\text{ml} \times 500 = 250$  ppm. Para o outro fabricante o resultado da titulação já se apresenta na própria seringa em ppm.



**Sulfato** – É um kit diferente de turbidez. Observe na foto que o tubo do lado esquerdo tem um **X** no fundo do recipiente e a solução turva será adicionada aos poucos enquanto se observa por cima desse tubo até que não mais se consiga ver o **X** no fundo do recipiente coberto pela solução turva que tenha sido preparada no outro tubo do lado direito da foto que pode ser para 10 ou 20 ml. O procedimento normal é com 20 ml da amostra. Daí se adiciona 10 gotas do reagente  $\text{SO}_4^{-1}$  (há 2 garrafinhas iguais desse primeiro reagente); depois se adiciona do segundo reagente  $\text{SO}_4^{-2}$  na pequena garrafinha preta que é um sal a medida de uma colherinha e agita-se o tubo para homogeneizar. Nesse momento se obtém uma solução turva se a amostra tiver de fato Sulfato. Se a solução ficar límpida e cristalina se conclui que não há Sulfato na amostra. Agora se adiciona aos poucos a solução turva no outro tubo que tem a marca do **X** no fundo do recipiente e se observa por cima do tubo até que não mais se consiga ver esse **X** e se lê o valor de Sulfato na escala do tubo que vai de 25 a 200 mg/L (ppm). Se desejar duplicar a escala até 400 mg/L (ppm), basta encher o tubo da direita com apenas 10 ml de amostra e completar para 20 ml com água pura.



Como comentado antes, a forma dominante de absorção do Enxofre é Sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ) enquanto nas sacarias dos fertilizantes comerciais aparece como Sulfito ( $\text{SO}_3^{--}$ ). Para converter de Sulfito para Sulfato basta multiplicar por 1,2. Para converter de Sulfito para S elementar multiplicar por 0,4. Exemplo: para o fertilizante SOP – Sulfato de Potássio que tem 45% de Sulfito.  $45 \times 1,2 = 54\%$  de Sulfato.  $45 \times 0,4 = 18\%$  de S elementar.

Nesse mesmo fertilizante Sulfato de Potássio – SOP temos 50% de  $\text{K}_2\text{O}$  e seria em K puro multiplicado por 0,83 para obter 41,5% de K.





**Magnésio** – Kit de titulação. Embora o procedimento seja similar aos outros kits de titulação, deve-se efetuar uma diluição para se utilizar uma escala compatível. Preencher a proveta com 1 ml da solução coletada nos extratores de solução do solo + 4 ml para diluição da amostra, com água pura ou água de torneira desde que sua CE seja próxima de zero. Adicionar 1 ml do reagente "MG-1" e em seguida a medida de uma colherinha com o reagente "MG-2" que é um sal que prontamente se dissolve e daí dar uma breve mexida e se obtém uma solução vermelha ou rosada. Agora encha a seringa com 1 ml do reagente "MG-3" e proceda a titulação gota a gota até que a cor cambie para azul. Observe a escala na seringa para cada 0,01 ml gasto vale = 3 ppm de Mg; nesta proporção para 0,1 ml desse último reagente "MG-3" vale = 30 ppm de Mg e para 1 ml completo = 300 ppm de Mg.



## Cobre

Dimenstein

**Cobre** – É também um kit de fita colorimétrica. Rápido, simples e com escala bem amigável para uso em que devemos manter os níveis de Cobre sempre entre 10 e 30 ppm. Esse é um intervalo de segurança porque garante uma concentração adequada para um micronutriente evitando desperdícios em doses mais elevadas.

Observação importante: Esse kit identifica apenas a forma iônica e não quelatos. Pode-se interpretar erroneamente que se aplicar esse micro via fertirrigação como quelato que iria marcar zero, mas isso não seria verdadeiro, apenas que esse kit não é sensível a quelatos.





## Ferro

*Dimenstein*

**Ferro** – Idem ao descrito acima para o kit de Cobre.

Outros Micronutrientes – Ainda não dispomos no mercado de kits rápidos de fita colorimétrica, titulação ou turbidez, kits para os demais micros em escala adequada para fertirrigação, assim que Manganês, Zinco, Boro, Molibdênio, além de Cobalto e Níquel, ficarão para o futuro.



## Interpretações

Em fertirrigação a interpretação relativa é a mais adequada identificando o DELTA ( $\Delta$ ) entre duas análises da solução do solo. Vamos comparar para cada item, a coleta atual contra a coleta anterior para identificar o  $\Delta$ .

Se por exemplo o pH era 6 e na nova coleta foi para 5,5 implica que o  $\Delta$  foi de 0,5 mais ácido e isso indica a tendência de acidificar a solução do solo que pode ser confirmada na coleta seguinte.

Se por exemplo o kit de Nitrato apresentava 300 ppm e na coleta seguinte apresentou 200 ppm, implica que se perdeu 100 ppm e a decisão de manejo é repor ou não esse Nitrogênio perdido.

Se o Fosfato era 10 ppm e obtivemos 25 ppm, mas o ideal seria obter 50 ppm que é o nível ideal em solo arenoso. Daí ainda teríamos que aplicar +25 ppm de Fosfatos. Mesmo havendo melhora em relação a coleta anterior, não foi suficiente para chegar na concentração desejada. Essa abordagem informa a disponibilidade e dos nutrientes e o agricultor irá decidir as doses nas próximas fertirrigações para otimizar a disponibilidade às raízes.

Os kits rápidos são fáceis e práticos dando uma diretriz sobre os níveis de nutrientes, salinidade (CE) e pH que são informações valiosas para facilitar as tomadas de decisões minimizando os erros nas escolhas dos fertilizantes e nas doses a aplicar. A maioria de erros de manejo são por falta de informações mínimas sobre as disponibilidades dos nutrientes, salinidade total (CE), pH e lixiviações quando o ESS mais profundo de 45 cm obtém leituras maiores dos nutrientes e CE em relação aos ESS menos profundos a 30 e 15 cm.

Seria improvável que ao identificar o pH ácido na solução do solo, que o agricultor decida aplicar mais fertilizantes de tendência ácida via fertirrigação como por exemplo Sulfato de Amônio, Ureia, Ácido



Fosfórico, etc. Ao contrário o agricultor imediatamente vai evitar o uso de fertilizantes de tendência ácida em decisão coerente e lógica para corrigir o pH tentando elevar através de aplicações de Nitrato de Cálcio e Nitrato de Potássio, por exemplo.

Seria também improvável que ao identificar na solução do solo níveis por exemplo de Cálcio acima de 150 ppm quando já seriam suficientes entre 60 e 100 ppm, que o agricultor aplique mais Cálcio sem necessidade aumentando o desperdício e a competição contra outros cátions como K e Mg, além de aumentar a salinidade total.

É portanto de simples interpretações e sempre na lógica as tomadas de decisões evitando erros de manejo apenas por ajustes de doses e escolha das fontes de fertilizantes, sem chute e sem erros grosseiros. O monitoramento é uma ferramenta eficaz de alerta para evitar muitos erros de decisões de manejo de fertirrigação e de erros que as "receitas de bolo" estão sujeitas a ocorrer e que fugiam ao controle, mas agora são bem fáceis e óbvias de se identificar e corrigir.



## Premissa Nº5 – Quantidade x Concentração

A agricultura irrigada herdou os critérios quantitativos da agricultura de sequeiro que normalmente usa as expressões kg/hectare ou g/planta. Assim se definem quantidades a se aplicar ao longo de uma safra agrícola com as irrigações apenas servindo para fracionar as doses que já estão previamente definidas. Do ponto de vista matemático está OK. Do ponto de vista fisiológico estamos a anos-luz do manejo ideal. Essa distribuição dos fertilizantes passa a ser do tipo "Receita de Bolo", não usa nenhuma interpretação agrônômica para decisão, senão as quantidades estimadas dos nutrientes para a produtividade desejada.

As raízes usufruem de uma solução nutritiva do solo que apresenta concentrações dos sais (fertilizantes) dissolvidos e sim podemos manipular as concentrações via fertirrigações frequentes e em doses suaves para manter a salinidade dentro dos limites desejados e das tolerâncias de cada cultivo medidos pela CE e mais além influir decididamente na composição dos sais que formam a CE alterando as proporções de acordo com as fases fenológicas dos cultivos desde vegetativa, floração, enchimento de frutas, grão ou tubérculos, maturação e colheita.

Para trabalhar "concentração" precisaremos migrar para outro critério de doses que é **g/m<sup>3</sup>**.

Agora vamos trazer os volumes irrigados para m<sup>3</sup> em vez de usar o tempo quando é comum o irrigante acionar o sistema de rega por algumas horas. É comum se dizer que irrigou uma parcela por 3 ou 4 horas, etc. Se sabemos a vazão dos emissores em L/hora, o número de emissores por linha e número de linhas por hectare, chegaremos a



um volume total naquela rega em  $m^3$ . É importante definir o volume de cada rega para trabalhar concentração usando  **$g/m^3$** .

Outra forma de se identificar volume é quando a empresa de irrigação que elaborou o projeto, informa a capacidade de irrigação em mm e a conversão de  $mm \times 10 = m^3/\text{hectare}$ . Exemplo: uma irrigação de 4mm = 40  $m^3/\text{hectare}$ .

Resolvido o critério e a identificação do volume em  **$m^3$**  vamos para a premissa seguinte que é como trazer as garantias apresentadas dos nutrientes nas sacarias dos fertilizantes que estão em **% para ppm** que representa as concentrações que utilizamos nos vários kits rápidos para identificar a concentração de cada nutriente na salinidade total CE na solução do solo.

A próxima etapa nesse método é uma forma muito simples de decidir doses via fertirrigação e trazer todo o manejo a ser tratado em ppm.



## Premissa N°6 – “Regra de Ouro da Fertirrigação”

**100g/m<sup>3</sup> = garantia da fórmula passa de % para ppm**

Essa dose inicial converte % dos nutrientes de qualquer fertilizante solúvel comercial para aplicar em cada m<sup>3</sup> de irrigação em ppm.

O mais importante é que é proporcional, ou seja, o dobro da concentração, seria 200g/m<sup>3</sup> fornece o dobro da garantia da fórmula em ppm. E no caso contrário de metade da dose inicial seria 50g/m<sup>3</sup> fornece a metade da garantia da fórmula em ppm.

Exemplo com a fórmula de NPK solúvel 16-08-32 em uma lâmina de 5 mm = 50 m<sup>3</sup> de volume a irrigar por hectare. Ao usar a regra de ouro da fertirrigação na proporção original de 100g/m<sup>3</sup> x 50 m<sup>3</sup> seria uma dose de 5 kg dessa fórmula por hectare e cada emissor forneceria exatamente 16 ppm de N, 08 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 32 ppm de K<sub>2</sub>O.

Se aplicarmos 5x a dose padrão inicial, serão 500g/m<sup>3</sup> e a garantia da fórmula passa de % para ppm 5x mais concentrada, passando de 16-08-32 para 80-40-160 tudo em ppm de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

Para enfatizar as conversões dos nutrientes como brevemente comentados anteriormente, vamos detalhar. A indústria dos fertilizantes utiliza para Fósforo e Potássio as expressões de **Óxidos** como já comentado anteriormente nas descrições dos kits, embora hoje sabemos que em vez de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a forma correta é PO<sub>4</sub> (fosfato) e para o Potássio em vez de K<sub>2</sub>O o correto é o K puro. Os kits apresentados aqui medem PO<sub>4</sub> e não P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a conversão é multiplicar por 0,75. Já a conversão de K<sub>2</sub>O para K multiplica por 0,83.

Os Oxides para outros nutrientes também necessitam conversões:



CaO para Ca multiplicar por 0,71.

MgO para Mg multiplicar por 0,6.

Para Enxofre o caso é mais curioso porque a forma de óxido usada é  $\text{SO}_3$  (Sulfito), porém a forma iônica que as raízes absorvem é sim como óxido, porém com 1 Oxigênio a mais chegando a  $\text{SO}_4$  (Sulfato) A indústria de fertilizantes apresenta a garantia em % de  $\text{SO}_3$  ou como Enxofre elementar puro S. Para converter  $\text{SO}_3$  em  $\text{SO}_4$  dividir por 0,84 ou multiplica por 1,2. Para converter  $\text{SO}_3$  em S elementar, multiplicar por 0,4 ou dividir por 2,5. Para converter  $\text{SO}_4$  em S elementar multiplicar por 0,34 ou dividir por 3. O kit de turbidez mede na forma que a planta absorve que é  $\text{SO}_4$ .

No exemplo acima que se aplicou  $500\text{g}/\text{m}^3$  chegando a 80-40-160, os 40 de  $\text{P}_2\text{O}_5$  multiplicar por 0,75 = 30 ppm de  $\text{PO}_4$  e para os 160 ppm de  $\text{K}_2\text{O}$  multiplicar por 0,83 = 133 ppm de K.

Exemplo utilizando Ureia com 45% N e aplicando a regra de ouro da fertirrigação  $100\text{g}/\text{m}^3$  fornece exatamente 45 ppm de N. Se o volume for de  $40\text{m}^3/\text{há}$  serão  $100\text{g} \times 40\text{m}^3 = 4\text{kg}$  de Ureia a aplicar naquela rega por hectare e cada emissor receberá 45 ppm de N.

Como essa regra é proporcional, basta fazer regra de 3 e assim para  $200\text{g}/\text{m}^3$  fornecerá o dobro da garantia que para Ureia seria  $45 \times 2 = 90$  ppm.

Exemplo utilizando KCl solúvel com 60%  $\text{K}_2\text{O}$ . Deseja-se aplicar 300 ppm de  $\text{K}_2\text{O}$ . Se  $100\text{g}/\text{m}^3$  fornece a garantia de 60, para 300 seriam 5x ou seja  $500\text{g}/\text{m}^3$  e se o volume de rega for de  $7\text{mm} = 70\text{m}^3/\text{hectare}$ , então  $500\text{g} \times 70\text{m}^3 = 35$  kg de KCl.

Converter os 300 ppm de  $\text{K}_2\text{O}$  em K, multiplica por 0,83 = 249 ppm de K. Pode-se considerar arredondando 250 ppm.



**Parâmetros** sugeridos para alguns cultivos utilizando os kits rápidos na solução do solo. Nos intervalos sugeridos, considerar para os nutrientes, os valores maiores na fase de maturação e os valores menores na fase vegetativa e floração. Para Cloreto considerar o valor como limite de tolerância que acima desse valor as produtividades tendem a diminuir.

Para pH o intervalo de equilíbrio para que os vários nutrientes esteja em fase solúvel deve ficar acima de 5,7 e abaixo de 7,5.

Os valores apresentados como parâmetros tem o objetivo de servir de referência inicial para futuros ajustes que a pesquisa futura fará caso a caso.

A experiência de campo nos alerta que há os chamados “erros grosseiros” que não são intencionais, embora comuns em que o agricultor insiste em doses de certos fertilizantes seja por excesso ou por carência, por falta de dados em que se basear para decidir sobre as fertirrigações. Assim que mais importante do que acertar na mosca, seria não errar o alvo. Minimizar os erros não intencionais que ocorrem por desinformação nas decisões de escolha dos fertilizantes e nas doses a aplicar.

Por que alguém aplicaria um fertilizante de tendência ácida como Sulfato de Amônio ou MAP purificado se o pH estivesse  $< 5$ ? É para esses casos que são comuns que esse monitoramento servirá como uma diretriz e escolherá fertilizantes de tendência alcalina como Nitrato de Cálcio, de Magnésio ou de Potássio.

Por que alguém que necessita de 150 ppm de Cálcio e identificou que já há na solução do solo 200 ppm disponíveis iria aplicar na próxima fertirrigação mais Cálcio? Seria desperdício? Seria desnecessário? Seria até nocivo a chamada overdose que competiria com outros cátions como Mg, K, e alguns micros como Mn, Zn, Cu e Fe.



Assim que os parâmetros atuais sugeridos naturalmente serão aperfeiçoados e ajustados, porém agora são a nossa melhor referência para errarmos menos.

As tabelas seguintes com os parâmetros sugeridos na solução do solo para vários cultivos entre frutas, hortaliças, flores, grãos e florestais.

Os intervalos sugeridos a considerar os menores para plantas jovens ou na fase vegetativa e devem aumentar gradualmente ao longo do ciclo fenológico até a maturação alcançando os valores maiores e o objetivo seria evitar os extremos sempre ajustando as fertirrigações para obter valores dos nutrientes dentro dos intervalos sugeridos e a experiência nos ensina que é muito comum ficar fora dos intervalos causando desequilíbrios nutricionais e inibindo o melhor desempenho e produtividades dentro do potencial possível.



Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Café Arábica	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 350	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 80	25 - 40	100 - 150
Café Conilon/Robusta	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 450	150 - 350	25 - 50	200 - 500	80 - 120	40 - 60	80 - 120
Citros Geral	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 120	30 - 60	90 - 180
Laranja	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 120	30 - 60	90 - 180
Limão	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 450	60 - 100	30 - 50	90 - 180
Tangerina	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 120	30 - 60	60 - 120
Greapfruit	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	250 - 500	60 - 100	30 - 50	60 - 120
Banana	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	300 - 700	50 - 120	25 - 60	60 - 100
Banana Comprida	1,5 - 2,8	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	300 - 800	80 - 120	40 - 60	90 - 180
Mamão	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	200 - 600	50 - 80	25 - 40	60 - 100
Uva vinho	1,5 - 4	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	300 - 800	80 - 120	40 - 60	60 - 100
Uva mesa	1 - 3	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	200 - 600	80 - 200	40 - 100	100 - 150
Uva sem sementes	1 - 3	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	200 - 600	80 - 200	40 - 100	80 - 120
Manga	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	100 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Abacate	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 350	150 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Maracujá	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 250	100 - 250	25 - 50	200 - 400	40 - 80	20 - 40	50 - 100
Coco	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 350	25 - 50	200 - 500	40 - 80	20 - 40	40 - 80
Pupunha	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	200 - 350	25 - 50	200 - 500	60 - 100	30 - 50	60 - 100
Kiwi	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 400	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	50 - 100
Tâmara	2 - 4	5,7 - 7,5	< 1200	150 - 350	25 - 50	300 - 500	60 - 120	30 - 60	80 - 120
Maçã	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Pera	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	200 - 300	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Oliveira	2 - 4	5,7 - 7,5	< 800	100 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Caqui	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	250 - 500	60 - 120	30 - 60	80 - 120
Lichia	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	150 - 350	25 - 50	250 - 550	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Cacau	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100



Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Romã	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Pêssego	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Nêspera	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Ameixa	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	200 - 400	25 - 50	250 - 550	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Damasco	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Seriguela	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	250 - 500	60 - 120	30 - 60	80 - 120
Cereja	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Figo	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Amêndoas e nozes	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Pistache	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Macadâmia	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Carambola	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Pitanga	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	200 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Acerola	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 450	200 - 300	25 - 50	250 - 600	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Caju	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	250 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Jaca	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 350	25 - 50	250 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Cajá	1 - 3	5,7 - 7,5	< 350	150 - 300	25 - 50	200 - 600	80 - 120	40 - 60	100 - 150
Pinha / Fruta do Conde	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Mangaba	1 - 3	5,7 - 7,5	< 350	150 - 300	25 - 50	200 - 600	80 - 120	40 - 60	100 - 150
Graviola	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Goiaba	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 450	50 - 120	25 - 60	60 - 100
Framboesa	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	250 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Amora	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	250 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Abacaxi	2 - 3,5	5,7 - 7,5	< 800	100 - 300	25 - 50	500 - 800	60 - 100	30 - 50	100 - 150



Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Tomate	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	150 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 150	30 - 75	70 - 120
Tomate Cereja	1,5 - 4	5,7 - 7,5	< 700	150 - 300	25 - 50	300 - 800	60 - 150	30 - 75	90 - 140
Melão / Melancia	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 100	30 - 50	60 - 100
Cebola / Alho	1 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	200 - 400	60 - 100	30 - 50	70 - 120
Pimentão	0,8 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 400	40 - 80	20 - 40	60 - 100
Pimenta	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 200	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 80
Cenoura	0,8 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	100 - 200	25 - 50	100 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Batata	0,8 - 2,2	5,5 - 6,5	< 300	100 - 300	25 - 50	100 - 600	40 - 60	20 - 30	60 - 100
Batata Doce	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Alface	0,6 - 1,8	5,7 - 7,5	< 200	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Rúcula	0,7 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Acelga	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	50 - 100
Agrião	0,7 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Repolho	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	50 - 100
Morango	0,8 - 2,2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 550	60 - 80	30 - 40	60 - 100
Pepino / Abobrinha	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Abóbora	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 350	200 - 300	25 - 50	250 - 400	60 - 120	30 - 60	50 - 100
Berigela	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	50 - 100
Beterraba	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	150 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 150	30 - 75	70 - 120



Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Inhame / Cará	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 400	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Chuchu	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Quiabo	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Gengibre	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Espinafre	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Couves / Brócolis	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 100
Salsa / Coentro	0,7 - 1,5	5,7 - 7,5	< 250	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Maxixe	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Mostarda	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Nabo / Rabanete	0,8 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	100 - 200	25 - 50	100 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Jiló	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 450	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Ervilha	0,8 - 1,3	5,7 - 7,5	< 250	50 - 120	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 70
Amendoim	1 - 2	5,7 - 7,5	< 350	50 - 120	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Aspargos	2 - 4	5,7 - 7,5	< 800	150 - 350	25 - 50	300 - 500	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Mandioca	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 400	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Mandioquinha	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	150 - 350	25 - 50	200 - 450	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Hotelã	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Manjeriçao	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80

Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Eucaliptos	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 350	100 - 200	25 - 50	150 - 300	40 - 60	20 - 30	40 - 80
Pinus	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Seringueira	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	100 - 250	25 - 50	150 - 350	50 - 80	25 - 40	40 - 80



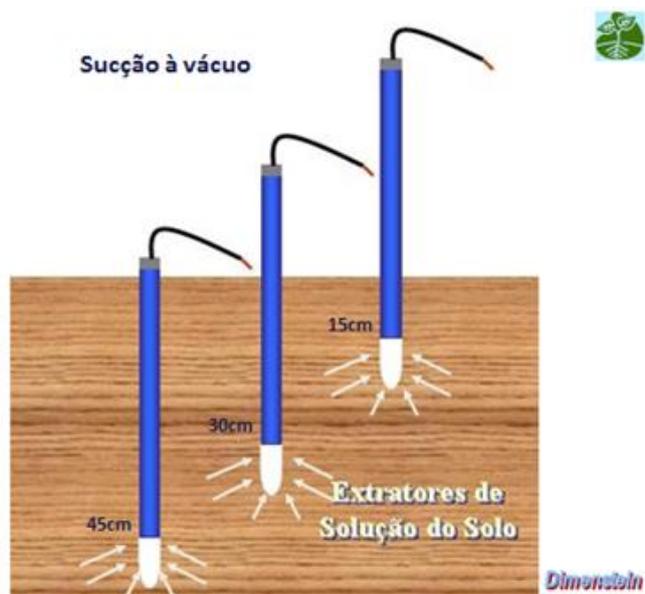
Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Flores (Geral)	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Rosas	1,2 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Orquideas	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 250	25 - 50	150 - 300	50 - 80	25 - 40	40 - 80
Alpinias	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Helicônias	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Cravos	1,2 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Anturios	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Gérbera	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Gipsófila	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Impatiens	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 250	25 - 50	150 - 300	50 - 80	25 - 40	40 - 80
Violeta	1 - 1,8	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 350	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Tulipas	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Lisiantus	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80

Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Ca <sup>++</sup> (ppm)	Mg <sup>++</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Algodão	1,2 - 3	5,7 - 7,5	< 700	150 - 400	25 - 50	250 - 800	80 - 140	40 - 80	70 - 120
Feijão / Soja	0,8 - 1,3	5,7 - 7,5	< 250	50 - 120	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 70
Milho	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	50 - 100	25 - 50	70 - 120
Sorgo	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	200 - 450	60 - 120	30 - 60	70 - 120
Pastagem	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 700	200 - 400	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Trigo	1,5 - 2	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	60 - 100
Arroz	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	100 - 250	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	90 - 140
Girassol	1 - 2	5,7 - 7,5	< 350	100 - 250	25 - 50	100 - 400	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Mamona	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	150 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 150	30 - 75	70 - 120
Aveia	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Canola	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Centeio	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Cevada	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Cana de Açúcar	1 - 2	5,7 - 7,5	< 500	100 - 250	25 - 50	100 - 400	40 - 80	20 - 40	60 - 100



## Perguntas & Respostas sobre Fertirrigação

### 1. Por que usar 3 profundidades de Extratores de Solução do Solo (ESS) e por que 15, 30 e 45 cm?



Identificar se as distribuições dos sais nos horizontes do solo estão homogêneas ou heterogêneas, e para isso basta comparar a CE nas 3 amostras e se as diferenças entre elas forem menores ou iguais a 0,5 mS/cm pode-se considerar homogênea.

Exemplo:

CE a 15cm = 1,5 mS/cm,

CE a 30cm = 1,7 mS/cm,

CE a 45cm = 2 mS/cm.

Amostras homogêneas e isso significa que a lâmina de rega está boa.

Entretanto se a diferença for maior que 0,5 mS/cm e a maior CE for no tubo ESS de 45cm, indica lixiviação por lâmina de rega exagerada, veja exemplo abaixo:

CE a 15cm = 1 mS/cm,

CE a 30cm = 1,8 mS/cm,

CE a 45cm = 2,5 mS/cm

Observe que nesse exemplo temos salinidade bem maior a 45cm indicando forte lixiviação. O manejo nesse caso seria de redução de lâmina de rega e seguir medindo nas semanas seguintes até ajustar a lâmina para que o bulbo fique homogêneo com diferença de CE < 0,5 mS/cm entre as 3 profundidades.

De modo similar a interpretação oposta para quando o tubo ESS pequeno de 15cm tenha a maior CE, indica que a lâmina de rega foi insuficiente para melhor distribuir os sais fertilizantes para os horizontes mais profundos.

O ideal é que os 2 tubos ESS de cima nas profundidades de 15 e 30cm devem dominar a nutrição desejada, enquanto que o terceiro tubo na profundidade de 45cm é nossa garantia de que não haja desperdício, isso porque se o tubo profundo tiver CE elevada, é forte indicativo de que mais abaixo terá mais nutrientes desperdiçados. Nutrição muito profunda é típica de agricultura de sequeiro, enquanto que na irrigada, devemos induzir a emissão de raízes e radículas nos horizontes superiores do solo que melhorem sua capacidade de absorção, enquanto que nutrir raízes profundas ou distantes lateralmente é bem mais caro e ineficientes porque estas passam a ser mais de sustentação e menos de absorção porque ficam suberizadas e lenhosas quando passam um período seco.



## **2. Como escolher os fertilizantes para usar via fertirrigação e como escolher a fonte de N entre Ureia, Amônio ou Nitrato?**

A resposta está com o pHmetro.

Embora muitos escolham os fertilizantes pelos preços e garantias de nutrientes que possuam, seria prudente antes identificar o pH da solução do solo antes de decidir os fertilizantes a aplicar.

Exemplo:

Vamos escolher uma fonte de Nitrogênio para as próximas fertirrigações e identificamos que o pH na solução do solo está entre 8 e 8,5.

Sabemos que fontes de Amônio são acidificantes, assim como Ureia tende a ser também acidificante embora mais ameno que Amônio. Fontes de Nitratos são alcalinizantes.

Se a solução do solo tiver o pH entre 5 e 5,5 deveríamos minimizar o uso de Amônio e de Ureia para dar preferência aos Nitratos.

Com pH da solução do solo entre 5,7 a 7,5 devemos usar um pouco de cada fonte para manutenção de pH na faixa desejada. Se usar um só tipo de fertilizantes ao longo de um ciclo de cultivo, a tendência é sair do intervalo adequado e o monitoramento frequente com coletas da solução do solo irá direcionar as decisões.

É evidente que essa manipulação de pH se faz com muitos outros fertilizantes além das fontes de Nitrogênio do exemplo acima.

Durante muitos anos se acreditava que havia uma relação entre Nitrato/Amônio para recomendar baseado em um trabalho antigo com melão que havia dado o melhor resultado na proporção de 80% Nitrato / 20% Amônio, porém alguns anos depois se provou que essa proporção era adequada apenas para águas de irrigação originalmente



ácidas com pH inicial entre 5 a 5,5 e que naquela proporção entre Nitrato e Amônio se chegava a um nível excelente de pH final na solução do solo entre 6 e 7. Certamente essa proporção com Nitratos dominantes elevará o pH e se a água original de rega já for alcalina não adianta alcalinizar mais ainda. Assim que não há proporção pronta a recomendar entre Nitrato / Amônio, mas sim que pH final na solução do solo se obtém com essa proporção. É claro que não existe melhor proporção previamente definida, mas em cada caso devemos fazer os ajustes considerando o pH original da água de irrigação e o pH obtido na solução do solo e após alguns ajustes de doses chegaremos ao pH desejado e a proporção entre Nitratos / Amônio não será jamais uma recomendação pronta e deve ser verificada frequentemente para possíveis novos ajustes.

### **3. Fertirrigação é um complemento da adubação ou deveria ser 100% dos fertilizantes aplicados em cultivos irrigados, eliminando as adubações tradicionais de solo de base e coberturas?**

Essa é uma evolução natural que ocorrerá a medida que o nível educacional do agricultor aumenta. A maior limitante é cultural pela tradição praticada e migrar para 100% da nutrição via fertirrigação ocorrerá gradualmente quando o agricultor ganhar confiança nas fertirrigações que pratica e sem dúvida serão duplamente vantajosas no custo menor e na eficiência maior. Esse processo pode levar tempo, enquanto se capacita as equipes de campo para o manejo correto com os solúveis e é uma tendência em aumentar as fertirrigações e diminuir as adubações convencionais. Mão de obra qualificada é o principal gargalo para superar essa primeira fase e ir ao próximo passo.



#### 4. Doses de Fósforo solúvel via fertirrigação são pequenas e frequentes. Por que?

Para as adubações de base ricas em Fósforo, as doses convencionais são tão altas e a eficiência de absorção tão baixa devido as limitações de baixa disponibilidade, fácil imobilização nas argilas, faixa de pH restrita para manter o Fósforo na fase solúvel, além de reatividade com outros íons causando precipitações. Abaixo de pH 5,7 fosfatos começam a reagir e precipitar com Alumínio e em ambiente ainda mais ácido com pH abaixo de 5, além do Alumínio, também reage e precipita com Ferro e Manganês. No sentido oposto com o pH alcalino acima de 7,5 fosfatos precipitam quando reagem predominantemente com Cálcio e em menor intensidade com Magnésio.

O segredo para a disponibilidade de Fósforo solúvel a aplicar via fertirrigação seria através de doses pequenas e frequentes, mantendo entre 40 a 60 ppm de  $P_2O_5$ . Exemplo com a fórmula solúvel de NPK 15-**10**-30, cujo  $P_2O_5$  é 10% e usando a Regra de Ouro da fertirrigação com  $100g/m^3$  a garantia da fórmula passa de % para ppm, e se nesse exemplo o volume por hectare for de  $50m^3/hectare$ , seria necessário aplicar  $100g/m^3 \times 50m^3 = 5 \text{ kg}$  dessa fórmula 15-10-30 para que nos emissores de rega saiam 15 ppm de N, 10 ppm de  $P_2O_5$  e 30 ppm de  $K_2O$ . Considerando que desejamos ao menos 40 ppm de  $P_2O_5$  então a dose dessa fórmula seria 4x maior de  $400g/m^3 \times 50 \text{ m}^3 = 20 \text{ kg}$  da fórmula. Assim chegamos ao nível desejado de injeção de  $P_2O_5$  em 40 ppm, independente de nessa mesma fertirrigação ter fornecido também N e  $K_2O$  também 4x mais do que a garantia da fórmula em ppm, ou seja  $15 \times 4 = 60 \text{ ppm}$  de N, e  $30 \times 4 = 120 \text{ ppm}$  de  $K_2O$ . Nesse caso Fósforo foi a base da recomendação e para atender as demandas de N e K, outras fontes desses nutrientes podem ser adicionadas.



A frequência de aplicações de fósforo solúvel via fertirrigação deve ser de no mínimo 2x por semana para solos mais arenosos e mais frequente em solos argilosos de 3x ou mais por semana, e sempre em pequenas doses para chegar entre 40 a 60 ppm de  $P_2O_5$ . Aplicações bem pequenas em nível diário seriam ótimas e nesse caso precisariam de automação com um controlador que pode ser computador ou timer. As análises da solução do solo com kits rápidos identificarão apenas o Fósforo disponível e não o imobilizado. As análises identificam Fósforo na forma de  $PO_4$  e não  $P_2O_5$ . A conversão é multiplicando pelo fator 0,75 para passar de  $P_2O_5$  para  $PO_4$ . Para Potássio as análises são sempre com o elemento puro K e os fertilizantes em  $K_2O$ . A conversão de  $K_2O$  para K é multiplicando por 0,83.

Exemplo de conversão de unidades:

60 ppm de  $P_2O_5$  converter multiplicando por 0,75 para obter 45 ppm de  $PO_4$ .

100 ppm de  $K_2O$  converter multiplicando por 0,83 para obter 83 ppm de K.

Para ficar bem claro esse tema do fósforo vamos detalhar e exemplificar o manejo. As aplicações de Fosfatos convencionais na forma de adubos granulados para aplicação e incorporação no solo é uma prática tradicional da agricultura de sequeiro que ainda é amplamente praticada na agricultura irrigada. Essa é sim uma herança maldita que tem baixa eficiência em suprir fósforo para as plantas. Ora, o segredo do fósforo é ser fornecido em pequenas e frequentes doses. Fontes de fósforo solúveis que podem ser fornecidas via fertirrigação só fazem sentido, do ponto de vista agrônomo se forem aplicadas em doses baixas e repetidas vezes. Fosfatos se prendem facilmente nas argilas em poucos dias e novas aplicações se fazem necessárias para que haja disponível na solução do solo. Exemplo de dose a aplicar usando uma fonte de fósforo solúvel e rica que é o **MAP Purificado**



**(12-61-00)**. Esse fertilizante possui **61% de  $P_2O_5$**  e pela “Regra de Ouro da Fertirrigação” onde aplicando **100g/m<sup>3</sup>** a garantia da fórmula passa de **% para ppm** e em um solo de textura mediana areno-argilosa, seria adequado ter aproximadamente 40 ppm de **Fosfato ( $PO_4$ )** que é a forma que aparece nos testes de análise da solução do solo. A conversão de  **$P_2O_5$**  em  **$PO_4$**  se faz multiplicando por 0,75 e assim  $61 \times 0,75 = 46$  como valor arredondado. Portanto, se aplicar a Regra de Ouro em uma irrigação com volume por hectare de 50m<sup>3</sup> como exemplo, seriam  $100g \times 50m^3 = 5kg$  de MAP Purificado a aplicar e em cada gotejador ou emissor de rega, estaríamos aplicando 46 ppm de  **$PO_4$**  e esse fosfato estaria totalmente disponível para as raízes durante 1 a 2 dias e quando o solo secar, o fosfato se prenderia às argilas e apenas uma fração bem menor ficaria livre e disponível, mas aí novas fertirrigações aplicariam novamente fosfatos em certa frequência para manter a solução do solo próxima a 40 ppm. Além disso o uso do kit de Fosfato vai informar que disponibilidade desse nutriente há na solução nutritiva do solo e a dose a aplicar seria apenas do que falta para atingir os 40 ppm desejados ou aplicar uma dose suave de manutenção, caso já tenhamos todos os 40 ppm disponíveis, isso porque esse fosfato logo se tornará preso no solo e indisponível. Portanto, as adubações tradicionais de solo com grandes quantidades de Fósforo são de baixa eficiência, caras e exigem uma logística para aplicar e incorporar. Se o agricultor tem sistema de irrigação, fica muito mais barato, simples e eficiente fornecer fosfatos via fertirrigação e sempre em pequenas e frequentes doses.

Em fórmulas NPK solúveis para uso via fertirrigação, dar preferência a fórmulas com baixo fósforo e manter NK mais altos porque a demanda das plantas por NK é bem maior entre esses 3 nutrientes.



## **5. Como devemos agir com fertirrigação na estação chuvosa que normalmente fornece generosas quantidades de água e se concentram em 3 – 4 meses do ano?**

Os fertilizantes convencionais para aplicação de solo e os solúveis para aplicação via fertirrigação são facilmente lixiviáveis nesse meses de muita chuva, além de que o agricultor normalmente não aciona as irrigações durante esse período. Entretanto temos algumas opções de manejo a discutir como aplicações de pequenas irrigações apenas para ter o tempo suficiente a aplicar nutrientes concentrados considerando que o solo já esteja molhado, ou seja, não seria para dar água, mas sim apenas para fornecer alguns nutrientes via fertirrigação em tempo de rega restrito. Isso é viável apenas em irrigação localizada, mas não seria possível em pivôs porque o tempo de rega para esse tipo de equipamento é muito longo, mesmo na maior velocidade que ele possa funcionar.

Outra alternativa de manejo para o período chuvoso concentrado de 3 a 4 meses é aplicar no solo os fertilizantes protegidos por camadas de polímeros, conhecidos como fertilizantes de liberação lenta e/ou controlada. O termo liberação controlada seria mais adequado porque o ritmo de liberação dos nutrientes é praticamente constante em doses controladas ao longo do tempo de liberação, chamada de longevidade. Assim há fertilizantes individuais a base de Ureia, MAP comum de solo, KCl, Nitrato de Potássio, SOP, e ainda NPK no grão ou misturas que têm longevidades de 2 a 6 meses normalmente dependendo da espessura da camada de polímeros que envolverá os grãos de fertilizantes. Há possibilidade de ter longevidades maiores, porém com uso de camadas de polímeros mais espessas e isso encarece esse tipo de fertilizante. Veja abaixo um diagrama exemplificando essa tecnologia de polímeros para cobrir os grãos de fertilizantes e no



exemplo abaixo para recobrir e proteger a Ureia. Considerando a Ureia pura tradicional entre 45% e 46% de N, ao cobrir com uma fina camada de polímeros se forma N 44% com longevidade de até 2 meses. Aumentando a espessura dos polímeros sobre a Ureia vai aumentar também a longevidade e diminuir evidentemente o teor de N, formando N 43%, ou 42%, ou 41% com longevidades de 3 até 6 meses. Também há para MAP granulado e KCl diferentes polímeros e diferentes longevidades. Todos esses fertilizantes "COTES", protegidos por polímeros podem formar diferentes formulações chamadas de misturas ou *blends* e certamente serão muito eficientes para fornecer ao longo do período chuvoso uma alternativa interessante de nutrição quando as fertirrigações estariam menos atrativas.

### Tecnologia **COTE**



A água não infiltra através do polímero que é impermeável, mas o vapor de água entra bem facilmente atravessando a camada de polímero chegando dentro do grão, e após condensar internamente dentro do grão dissolverá o nutriente internamente formando uma solução que tende a escapar por difusão de modo gradual e constante ao longo do tempo programado.



## 6. Com que frequência deve-se fazer fertirrigações?

O ideal é sempre que se irriga se fertirriga.

Entretanto essa questão é sem resposta definida, devido à grande variação de práticas no campo. Quanto maior a frequência de fertirrigação com pequenas doses, melhor o manejo e menor as variações de salinidade (CE). Se temos irrigações diárias, mas fertirrigações semanais (exemplo), teremos no dia da fertirrigação a dose de 7 dias de uma só vez e isso aumentará repentinamente a salinidade que será diluída ao longo dos próximos 6 dias que receberá apenas água. Assim a CE aumenta fortemente no dia da fertirrigação e vai sendo diluída e lavada nos restante da semana, daí volta a aumentar na fertirrigação seguinte, promovendo um efeito sanfona para a periodicidade de aumento e diminuições da CE na solução do solo. Isso causa stress fisiológico em qualquer planta.

A evolução é controlar com automação através de timers ou pequenos computadores que abrem e fecham os solenoides (registros eletrônicos) que atendem ao comando via computador, tablet ou mesmo via celular, para a partir de reservatórios com as soluções de fertilizantes previamente dissolvidas, efetuar as injeções com automação. Não há restrições para preparar as soluções de fertilizantes previamente. Essas soluções são estáveis e não estragam.

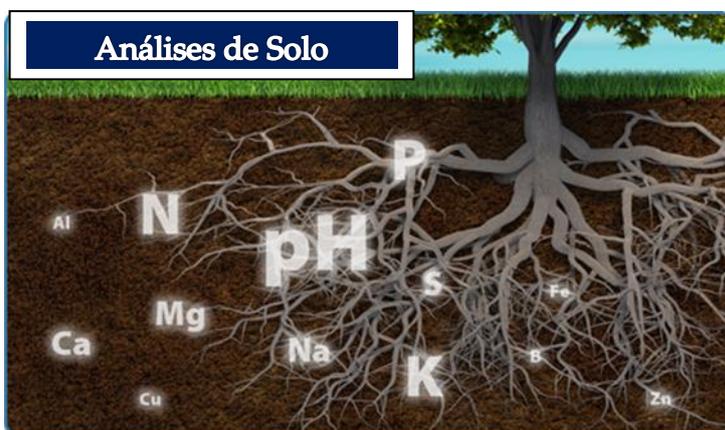
O monitoramento da solução do solo é uma ferramenta que informará as fortes variações dos nutrientes e CE se os intervalos de fertirrigações for grande e naturalmente o irrigante optará por efetuar fertirrigações mais frequentes e em doses mais amenas e suaves.



## 7. Como corrigir se a água original da irrigação (rio, lago, açude, poço) tiver o pH fora do ideal, ou muito ácido ou muito alcalino?

A identificação do pH original da água é o primeiro passo para a escolha dos fertilizantes a usar via fertirrigação e identificar na sequência o pH da solução do solo depois que os vários nutrientes interagirem com os componentes do solo formando uma solução estável. A partir daí efetuar acompanhamento frequente de ajustes de doses seja de fertilizantes de tendência ácida ou de tendência alcalina para aos poucos atingir pH desejado. Em solos arenosos esse processo é rápido e fácil usando doses relativamente suaves, entretanto para solos mais argilosos, o poder tampão desses solos pode ser bem resistente a mudanças de pH na solução do solo e demandar doses elevadas dos fertilizantes além de demandar provavelmente mais tempo para correções do pH para os níveis desejados.

## 8. Análise de solo tradicional pode ajudar?



Não. Muitas vezes atrapalha em relação a manejo de fertirrigação. Isso porque as fertirrigações são muito dinâmicas e as análises de solo ficam obsoletas muito rapidamente. A cada fertirrigação, tudo muda em relação aos nutrientes, além de que nas análises de solo tradicionais se mede o disponível + o imobilizado. Também o método de medir nessas análises de solo o extrato saturado usando 1 porção de solo para 2,5 porções de água e usar água destilada, forma uma proporção que é diferente do que encontra na natureza e também a água destilada deveria ser substituída pela água da irrigação para ser mais fiel a realidade. Assim que as análises de solo não atendem ao que queremos de informações atualizadas e fieis a realidade do campo. Ao contrário a solução do solo coletada com os tubos de sucção Extratores de Solução do Solo (ESS) são fiéis ao que as raízes de fato estão usufruindo e ideal para manejo e tomadas de decisão sobre fertirrigação para escolha dos fertilizantes adequados e suas doses.

## 9. E análise foliar ou de tecido?

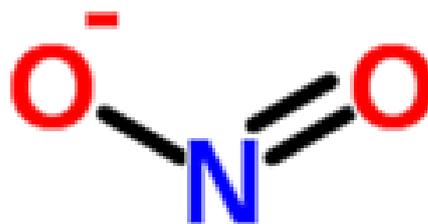
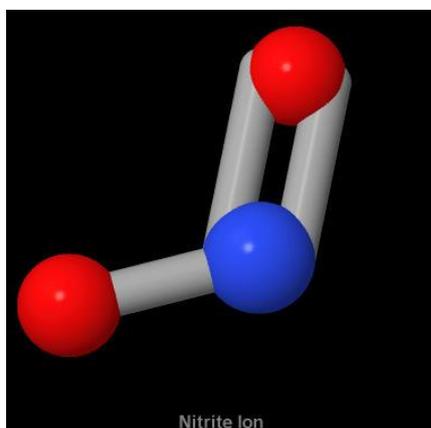


São apenas um tira-teima para informar se nas folhas e tecidos temos os nutrientes a comparar com padrão de plantas saudáveis, bem nutridas e produtivas, mostrando se há ou não deficiências de certos nutrientes. Entretanto, não servem para definir doses e nem escolhas de fontes de fertilizantes a aplicar via fertirrigação. Embora seja muito comum usar essas análises para recomendar doses de fertirrigação, provavelmente por falta de debates e discussões sobre o tema entre os agrônomos e profissionais que as utiliza.

Exemplo: um produtor de uvas efetuava a cada intervalo de 4 meses, análises foliares e a cada repetição passados 4 meses se encontrava deficiências de Ferro e de Fósforo, isso ao longo de 2 anos, enquanto que se aplicavam doses elevadas de Ferro e de Fósforo, usando diferentes fertilizantes de Ferro e até quelatos, além de Fosfatos solúveis diversos. Porém depois de 2 anos sem resolver o problema da falta de Ferro e de Fósforo nas análises foliares, identificamos que não era um problema quantitativo, já que o agricultor aplicava doses altas desses elementos em falta nas folhas, mas identificamos na solução do solo o verdadeiro problema que era o pH elevado entre 9 e 9,5 considerando a água original acima de pH 8 e a escolha inadequada de fertilizantes de tendência alcalina com muito nitrogênio nítrico além de excesso de Cálcio. Depois de algumas fertirrigações usando fertilizantes de tendências ácidas e chegando a pH entre 6,5 e 7, todos os nutrientes apareceram bem na análise foliar seguinte, incluindo Ferro e Fósforo. Sabemos que Ferro solúvel é o chamado  $Fe^{2+}$  que é estável até pH 7,5 que passa para a forma reduzida insolúvel  $Fe^{3+}$  acima do pH 7,5. Em relação ao Fósforo entre o pH 7,5 a 8 ou maior, precipita com Cálcio formando Fosfato de Cálcio insolúvel.



**10. O que fazer se identificar que apareceu Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) que é tóxico para as plantas?**



Há duas situações típicas para aparecer Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) na análise do kit rápido de fitas colorimétricas: ou falta Oxigênio no solo seja por compactação, excesso de água da chuva ou da irrigação, inibindo a ação e proliferação das bactérias nitrificadoras que são aeróbicas formadas pelas Nitrosomonas, Nitrospiras e Nitrobacters, ou por pH extremo  $< 5$  ou  $> 8$ , já que essas bactérias se reproduzem apenas nesse intervalo de pH entre 5 e 8.

Há outro fator que deve ser considerado apenas para regiões de clima frio, fora das áreas tropicais, porque as bactérias nitrificadoras necessitam de temperaturas do solo  $> 8^\circ\text{C}$  e pode haver baixa população dessas bactérias durante o período de inverno frio dificultando a nitrificação a partir de fornecimento de Ureia ou Amônio, podendo formar Nitritos. Para temperaturas de solo entre  $15^\circ\text{C}$  e  $25^\circ\text{C}$  o período de Nitrificação é entre 2 – 3 semanas.



## **11. Por que não posso misturar no tanque Cálcio com Fosfatos e Sulfatos?**

Cálcio reage muito facilmente com Fosfatos e com Sulfatos formando precipitados insolúveis. Apenas em pH muito ácido  $< 4$ , Cálcio não reage com Fosfatos. É prudente não misturar no mesmo tanque esses elementos. Fosfato de Cálcio e Sulfato de Cálcio (gesso) são de baixa solubilidade ou insolúveis. As misturas de fertilizantes para fertirrigação devem ser compatíveis e de alta solubilidade.

Observe que não há restrições por exemplo para misturas de Cálcio com fertilizantes livres de Fosfatos e de Sulfatos tais quais Ureia, KCl, Nitrato de Potássio, Nitrato de Amônio, Nitrato de Magnésio, etc.

## **12. É melhor utilizar fertilizantes individuais ou misturas prontas que podem ter NPK + Macros secundários + Micros?**

As fórmulas prontas NPK são sempre mais fáceis de usar pela dificuldade de mão de obra para efetuar as misturas nas fazendas. Usar algumas opções de formulações e escolher diferentes proporções é sempre a melhor e mais prática forma de fazer fertirrigações, considerando que se pode utilizar alguns complementos no tanque com alguns fertilizantes individuais a adicionar para ajustes de algum nutriente necessário como reforço, inclusive os macros secundários, menos o Cálcio que é incompatível com Fosfatos e Sulfatos. É bom ter também a opção de fornecer os micros individuais a adicionar no tanque com os demais fertilizantes e de preferência quelatados para os cátions e sais para os ânions. Zn, Mn e Cu podem ser como EDTA. Para Fe usar EDTA apenas se a água de rega tiver o pH  $< 6,5$  porque



acima de pH 7 o quelante EDTA se decompõe apenas para o elemento Fe, mas não para os demais cátions. Quem tem pH alcalino deve evitar Fe-EDTA e dar preferência para outros quelantes que são mais tolerantes a meios alcalinos como DTPA, EDDHA e HBED que é novo no mercado e é o mais estável para Fe em pH alcalino.

A tendência é de que as formulações NPK fiquem com preços mais competitivos devido ao aumento da concorrência nos últimos anos, evitando os valores altos de outras épocas quando havia poucos players nesse mercado.

Fórmulas NPK devem ter de preferência baixo Fósforo porque esse nutriente se desperdiça pela sua baixa eficiência facilmente fica imobilizado nas argilas. Não adianta aplicar altas doses de Fósforo. Além disso P solúvel é sempre uma matéria prima cara nas fórmulas. Alguns exemplos de NPK solúveis de baixo P e certamente mais baratos no mercado: 16-02-36; 32-02-16; 24-04-24; 06-06-46; 16-08-32; 09-09-39. Ao contrário, se utilizar fórmulas ricas em P, forçará o agricultor a usar mais de uma fórmula nas fertirrigações porque sempre as demandas por N e K são maiores do que P. Teremos maiores despesas, mais trabalho e menor eficiência.

Outra tendência é que as empresas de fertilizantes e misturadoras ofereçam NPK enriquecidos com aditivos e micros quelatizados. Os aditivos podem ser diversos dentro do grupo de bioestimulantes ricos em ácidos orgânicos, como húmicos e fúlvicos, aminoácidos, reguladores de crescimento, extratos de algas, antioxidantes, tamponantes, etc. Assim, os fertilizantes solúveis serviriam de veículos para o fornecimento de vários produtos úteis a serem aplicados via fertirrigação e alguns também via foliar.



### 13. Alguma restrição nas fertirrigações entre gotejamento e pivô central?



Realmente a irrigação localizada leva vantagens no manejo de fertirrigação por ter aplicações homogêneas. A parcela irrigada recebe dose similar para cada planta e ao mesmo tempo. Já o pivô para dar uma circunferência completa numa área leva várias horas e grandes variações de evapotranspiração perdendo a homogeneidade.



Entretanto, os pivôs também evoluíram com uso de lepa tentando ser uma aplicação mais restrita sem molhar área total passando ao longo das linhas apenas, que já é uma grande melhora. Ao comparar contra a agricultura extensiva de sequeiro com os pivôs, vantagens imensas para os pivôs e mais ainda para cultivos de grãos que irrigam área total. Para perenes como café, citros e fruticultura em geral e horticultura, as irrigações localizadas são bem mais eficientes no uso da água e se for comparar as fertirrigações, sem dúvida são mais eficientes ainda. A grande vantagem da irrigação localizada está na flexibilidade de manejo das fertirrigações que são muito mais fáceis e práticas de se manipular do que via pivôs.

Gotejamento pode ser acionado brevemente durante as chuvas apenas para fornecer os fertilizantes, e isso seria inviável com pivôs.

Temos que evitar de apenas comparar esses dois sistemas de irrigação como se fossem adequados para todos os casos. Se usarmos pivôs para irrigar cultivos extensivos típicos como grãos, cereais ou algodão. O que temos em comum aqui é que são cultivos de ciclo curto e normalmente os agricultores os cultivam em áreas grandes e tradicionalmente de sequeiro. Se o valor de mercado desses produtos agrícolas estiver atrativo ou não se decide o que plantar baseado em avaliações e tendências de mercado. Aqui o pivô tem mais aceitação do que gotejamento. Já no caso de horticultura, mesmo que tenha ciclo curto, mas que cada hectare tem um valor de produção muito mais caro do que os grãos, cereais e algodão, é claro que um equipamento mais eficiente e que permite melhor manejo das fertirrigações pode contribuir mais para o desempenho. Já em cultivos perenes como fruticultura e café, o gotejamento leva grande vantagem. Idem em relação a topografia.



#### **14. Cloretos são nocivos via fertirrigação? Qual a tolerância?**

Os Cloretos são fontes muito baratas de fertilizantes como KCl e CaCl<sub>2</sub>, entre outros, e as necessidades das plantas são do nível de micronutriente. Há um nível de tolerância para a presença de Cloretos que pode ser medida com kit rápido e identificado para direcionar as decisões de doses a usar com Cloretos. A maioria das hortaliças tolera entre 200 a 300 ppm, para fruticultura as tolerâncias são maiores chegando a cerca de 400 ppm. São níveis administráveis desde que se efetue os testes regularmente para evitar excessos e escolher outras fontes de K e de Ca quando a presença de Cloretos fica elevada na solução do solo.

Cloretos são facilmente lixiviados, seja por uma boa irrigação ou por chuvas, livrando a região das raízes de excessos, desde que haja boa drenagem. Em solos compactados e com deficiência de drenagem, os Cloretos sobem por capilaridade, assim como outros sais também, e podem ser nocivos para as raízes.

Lembrando que o peso molecular é de 35 e sendo monovalente, dividir por 1 teremos o equivalente de Cloreto como 35 e concluímos que 35 ppm na solução do solo tem o poder de salinizar na CE = 0,1 mS/cm. Para 70 ppm de Cloretos teremos uma CE = 0,2 mS/cm. E seguir nessa proporção. O importante é que o total de Cloretos em hortaliças não supere 30% (~1/3) da CE e para fruticultura e grãos até 40% da CE, que são níveis razoáveis de tolerância, evitando o critério de 8 ou 80, de tudo ou nada. Zero de Cloretos na solução do solo não é a melhor escolha econômica, considerando a tolerância desses cultivos para esses fertilizantes baratos baseados em Cloretos, o manejo agrônômico é basear a nutrição das plantas na fisiologia para obter a resposta ótima e a melhor relação de benefício para o custo. Exemplo: Para hortaliças com CE total 1,5 mS/cm, até 5 equivalentes (~175



ppm) de Cloretos estão dentro da tolerância. Se a CE for de 2,5 mS, podemos chegar sem problemas até 8 equivalentes (~280 ppm). O difícil é estimar doses sem medir CE e sem medir os Cloretos com kits rápidos. A ferramenta para ajustar as doses com segurança é essa e respeitando a fisiologia das plantas.

### **15. O que é Índice Salino que encontramos na sacaria dos fertilizantes?**

A expressão Índice Salino foi bastante utilizada entre os anos 40 e 60 do século 20, para comparar a salinidade contra um padrão, Nitrato de Sódio, que foi escolhido para ser o índice 100. Qualquer sal dissolvido em água na mesma concentração era comparado contra o padrão em sua pressão osmótica. Porém, sem considerar as doses aplicadas no campo seria apenas um dado químico sem importância para agricultura irrigada.

Com a evolução dos fertilizantes solúveis a partir dos anos 60, o uso do Índice Salino perdeu função prática porque é um valor absoluto e não representa o risco da salinidade para os cultivos porque isso depende da dose a aplicar. Assim que interpretar salinidade passou a ser bem mais importante a partir das concentrações dissolvidas em água e muito melhor expressadas pela condutividade elétrica (CE).

O uso de fertilizantes com baixo Índice Salino em grandes quantidades por área proporcionará certamente alta salinidade medida pelo alto CE e o uso do Índice Salino individualmente para classificar risco de salinidade não é suficiente e seria necessário identificar a contribuição da concentração daquele sal (fertilizante) na solução do solo. Para cultivos de sequeiro o risco de salinidade depende da solubilidade dos



Fertilizantes aplicados de forma convencional ao solo, das quantidades de chuvas que ajudarão a dissolver esses fertilizantes e assim medir a CE que se forma na solução do solo . Ao contrário do sequeiro, nos cultivos irrigados a grande vantagem é a manipulação das doses de injeção dos vários fertilizantes solúveis via fertirrigação com o fácil controle da CE do somatório dos fertilizantes aplicados no ritmo que seja minimizado os riscos de salinizar o solo e prejudicar o desempenho dos cultivos.

No Brasil a curiosidade é que foi adotado há poucos anos um “novo índice salino” que também não tem finalidade prática de uso. É uma adaptação de medir a CE do fertilizante na dose de 10g/L e a CE do Nitrato de Sódio na mesma concentração. Depois divide o valor de CE do primeiro pelo segundo e o resultado multiplica por 100. Esse é o novo índice salino brasileiro e que ninguém adota no mundo, mas a legislação brasileira adotou e exige que se coloque esse dado na sacaria dos fertilizantes. Não tem finalidade prática para os agricultores. Eles não usam essa informação para nada. Apenas mais uma exigência burocrática desnecessária.

As únicas informações úteis que deveriam aparecer nas sacarias dos fertilizantes além da garantia dos nutrientes, são pH, CE e solubilidade. Todas as demais informações são inúteis e apenas faz o custo das empresas aumentar com mais burocracias e confunde os agricultores que não sabem para que serve aquela informação, incluindo o Índice Salino.



**16. Qual a importância do grau de exatidão dos kits rápidos de fita colorimétrica, titulação ou turbidez? Temos realmente necessidade de testes com maior precisão?**

Esses kits rápidos são bastante úteis mesmo com valores aproximados que são os dados suficientes para dar uma diretriz nas doses via fertirrigação a nível de agricultor. O grande objetivo é obter um indicativo do nível dos nutrientes em uma sequência de duas amostras para identificar o ( $\Delta$ ) e assim as tendências de perdas ou de acúmulos. Também para medir as tendências de salinidade e pH em sequências de amostras testadas.

Uma analogia bem pertinente, seria um sujeito gordo fazendo dieta e ao subir na balança inicialmente viu que pesava 100 kg. Após 15 dias de dieta, ele subiu na mesma balança e viu que o novo peso era de 98 kg, portanto o DELTA ( $\Delta$ ) foi de 2 kg. Essa informação sobre o  $\Delta$  vale ouro. Depois se identificou que a balança estava descalibrada e que o peso inicial correto seria 105 kg e após os 15 dias de dieta o peso iria para 103 kg. Observe que o  $\Delta$  se manteve igual em 2 kg indicando a informação mais importante de que a dieta funcionou.

Os kits rápidos são suficientes para identificar tendências e o  $\Delta$  sempre entre a coleta atual analisada e a coleta anterior. Se temos por exemplo 150 ppm de Nitrato agora enquanto na coleta anterior era 200 ppm, sabemos que o  $\Delta$  foi que perdemos 50 ppm de Nitrato. Se a exatidão em vez de 50 ppm for um pouco mais ou um pouco menos, isso não é relevante para o objetivo desse monitoramento que apenas deseja identificar tendências. Considerando que 1 Equivalente de Nitrato é 62 ppm (N = 14 ; O<sub>3</sub> é 16 x 3 = 48 ; soma 14 + 48 = 62) que é o peso molecular NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e como Ânion monovalente faz com que o Equivalente seja igual ao próprio peso de 62 expresso em ppm e esse Equivalente de Nitrato contribui para a salinidade total CE com 0,1 mS/cm, e isso



significa que pequenas variações no valor dos macronutrientes são sem importância como valor absoluto. Se o Nitrato contribuísse com 4 Equivalentes seria  $4 \times 62 = 248$  ppm e a contribuição na CE total seria de 0,4 mS/cm. Nesse caso a precisão do teste é secundária e podemos com tranquilidade aceitar variações de cerca de meio Equivalente sem problemas para as interpretações desse kit de testes.

É comum através desse monitoramento com kits rápidos encontrarmos algumas surpresas que em sua grande maioria são por excessos de fertilizantes com altos níveis de nutrientes bem acima dos desejados porque muitos agricultores fornecem bem mais nutrientes sem considerar essas medições e causam desperdícios de nutrientes e de dinheiro, além de salinização pelos excessos de fertilizantes que inibem o melhor desenvolvimento das plantas.

O uso de testes de laboratório mais precisos são desnecessários para nosso objetivo de manejo, mas são úteis para pesquisadores que desejam publicar artigos científicos, e devemos considerar que os custos dos testes mais sofisticados são bem caros, mais demorados e elaborados, saindo do público alvo que deseja no campo testes simples e rápidos para ajudar a decidir o manejo das próximas fertirrigações.

O maior objetivo do agricultor irrigante é errar menos. Não se tem a ambição de acertar o tiro na mosca, mas sim de não errar o alvo. É claro que tudo no manejo é uma evolução. Depois de alguns ajustes nos níveis de cada nutriente e na salinidade total (CE), também ajustes para acertar o intervalo de pH adequado, sempre queremos otimizar e melhorar e isso virá naturalmente com o tempo. A agronomia intensiva nos trará grandes avanços e as fertirrigações mais profissionais serão adaptadas para esse público alvo que abraçar esse manejo.

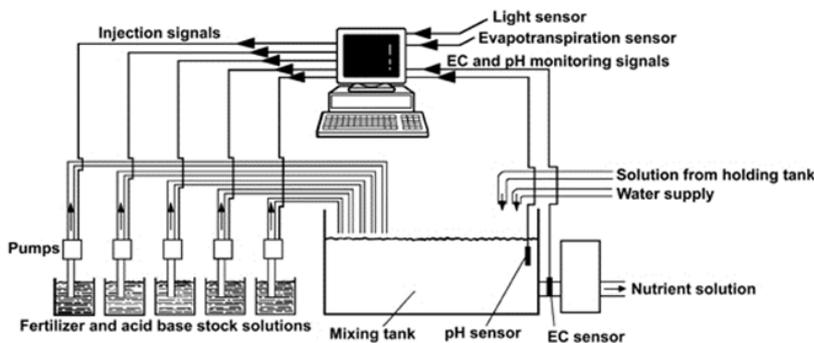


**17. Entre os micronutrientes apenas há kits para Ferro e Cobre. Por que não há kits também para os demais micronutrientes?**

Há poucos fabricantes de kits que se dedicam ao micronutrientes. Recentemente os kits para Ferro e Cobre chegaram ao mercado de kits rápidos com excelentes escalas para nossa finalidade de uso agrícola. As escalas colorimétricas ou de titulação são muito amplas, enquanto que os valores que necessitamos para micros em geral são muito baixos em que de 5 a 30 ppm atenderiam tranquilamente, mas ainda não temos essas escalas para testes rápidos para micronutrientes como Manganês, Zinco, Boro Molibdênio, Cobalto e Níquel. Entretanto, esperamos em breve algumas novidades nesse setor e poderemos efetuar alguns ajustes facilmente nas doses de micronutrientes via fertirrigação.

**18. Os softwares e aplicativos que automatizam irrigações e adicionam sensores de pH e CE para definir doses e tipos de fertilizantes para aplicar via fertirrigação são eficientes? Funcionam bem? Podemos ficar tranquilos e confiantes que essas automações irão fazer o manejo correto de fertirrigação?**





O impulso de tratar todos os problemas do dia-a-dia com as facilidades da informática através de aplicativos e softwares atraem e muito as novas gerações que estão bombardeadas por um sem número de facilidades e automações. Vale observar melhor essa ferramenta que funciona com lógica matemática que são algoritmos e fica restrita a uma sequência de perguntas que só admitem duas respostas: sim ou não.



**Primeira premissa:** “Biologia não é matemática”.

Vamos dividir a fertirrigação em duas etapas: a fase matemática e a fase biológica.

**A fase matemática** é também a fase hidráulica, ou seja, todo o processo de captação, bombeamento e transporte de água que ocorre dentro das tubulações e encerra na saída da solução do emissor que pode ser gotejo, microaspersor, aspersor... Nessa fase temos sim a possibilidade controlar matematicamente os vários componentes que são abrir ou fechar uma válvula de rega, injetar doses de fertilizantes, definir se vai injetar uma solução mais ácida ou mais alcalina, mais salina ou menos salina, com mais do nutriente A, B ou C, atuar por tempo ou por volume, responder a sensores de umidade ou de temperatura, etc... Essas muitas facilidades são uma ilusão de que o “manejo agrônômico” ficaria restrito a fase matemática e assim terceirizar para um software as interpretações técnicas que não são nada matemáticas.

**A fase biológica** começa a partir da saída da solução de irrigação/fertirrigação dos emissores e infiltrar no solo/substrato. Agora não temos respostas do tipo sim ou não. A miscelânea de fatores é no mínimo complexa e se baseiam em multifatores heterogêneos com interações dinâmicas com o ambiente, microbiologia, demais participantes da biologia, sistemas radiculares, fases fenológicas dos cultivos, diferentes solos, capacidade de retenção de água e nutrientes, adubação tradicional de base ou fundação, cobertura versus solúveis, influência no pH e na salinidade CE, variações próximas a superfície versus camadas mais profundas do solo, período chuvoso heterogêneo, e uma gama muito ampla de estresses bióticos e abióticos que



somados formam um ecossistema dinâmico em que o papel do agrônomo é interpretar e assumir a responsabilidade pelo manejo considerando que a fertirrigação é apenas uma ferramenta de manipulação para através de pequenos e frequentes ajustes respeitar a fisiologia da planta e proporcionar as condições otimizadas para obter a melhor relação benefício/custo para superar os fatores limitantes, primeiro hídrico e depois nutricionais para que as plantas cultivadas façam o máximo de fotossíntese que o manejo agrônômico poderia conseguir. Como manusear as várias incógnitas usando o sistema de respostas simples binárias de sim ou não baseados em algoritmos. O atual nível de tecnologia não está apto para essa tarefa e talvez nunca estará para uma automação completa. Como são belas as diferenças nos campos em que cada planta é única enquanto que métodos de estatística tentam obter dados de uniformidade ou ao menos conseguir apresentar as médias para trazer para o mundo da matemática o que nunca será homogêneo.

**Segunda premissa:** “Agronomia é uma intervenção na natureza”.

**Terceira premissa:** “Estatística usada na fase biológica considerando a média das variações é perigosa”.

Matemática, física e química aplicados na biologia perdem a proporcionalidade. A estatística na agronomia é uma tentativa por amostragem de trazer para o raciocínio lógico o biológico, mas a beleza da fisiologia é a diversidade. É o tratamento das individualidades x populações. Na agricultura são tantas as variáveis e interações a avaliar, enquanto que efetuar fertirrigações iguais ou variáveis para cada situação, irá demandar aplicativos com algoritmos complexos e



sofisticados, ou então que tenhamos uma ampla margem de erros para tolerar.

**Quarta premissa:** “Softwares e aplicativos eficientes para a fase biológica virão um dia no futuro, talvez, quando os programadores estudarem profundamente fisiologia e todas as interações com a natureza e no dia em que uma máquina entender a palavra *manejo*”.

**Resumo:** Uso de sensores de umidade de pH e CE para que o software decida o manejo de fertirrigação é fonte de erros por negligência. Seria bom se a automação com uma programação pudesse considerar as interações de fatores tão heterogêneos que acontecem dentro do solo onde as raízes e toda a biologia desse ambiente reagem diferentemente com as variáveis.

Como a irrigação de uma certa área com topografia desigual, possíveis manchas de solo com texturas diferentes e capacidade de retenção de água, com dispersão de microrganismos benéficos e de patógenos, presença de nematoides, insetos diversos, distribuição e disponibilidade dos nutrientes via fertilizantes convencionais de base e cobertura que é uma prática comum em que os solúveis via fertirrigação são apenas complementos? Há outros argumentos como saber se toda irrigação será com fertirrigação ou se as fertirrigações seriam apenas de vez em quando?

A automação é uma ferramenta que na irrigação e fertirrigação deve cair nas mãos de profissionais que possam ajustar as doses, escolher os fertilizantes adequados para manipular de acordo com as interpretações agronômicas. O chamado “piloto automático” é perigosamente sujeito a erros por fortes limitações de tratar biologia como matemática.



**19. Os projetos de irrigação no mundo evoluíram muito desde os anos 80, enquanto que os cursos de agronomia, e de técnicos agrícolas estagnaram na formação profissional para manusear as lavouras irrigadas com uma grade curricular obsoleta, ainda voltada para a típica agricultura de sequeiro. Como modernizar para suprir a demanda crescente por esse tipo de profissional com o gargalo educativo?**

O mercado tem regulado essas novas demandas em muitos setores do conhecimento humano, mas se observa uma forte inércia no setor agrícola de alta tecnologia. No meio do século 20, a formação agrônômica era praticamente para formar um "clínico geral" para ser um gerente ou capataz de fazendas, com conhecimento amplo de tudo um pouco, desde construções rurais, criação de animais, cultivos agrotécnicos, mecanização, pragas e doenças, administração, etc. Hoje porém trabalhamos no agronegócio em equipe e precisamos de especialistas. A formação acadêmica para agricultura irrigada precisa de um upgrade urgente porque o mercado de irrigação está crescendo e a carência de profissionais qualificados é imensa. As associações agrônômicas, as universidades, as empresas de irrigação, fertilizantes e sementes devem participar desse debate e contribuir com as mudanças.

Observar como funcionam as formações acadêmicas no setor da agricultura pelo mundo e sem querer reinventar a roda, apenas colocar a sociedade rural para debater e chegar a decisões para modernizar e capacitar a mão de obra para as novas realidades e demandas em que a agricultura irrigada é sim uma atividade que as novas gerações precisam de formação compatível.



## **20. Quantas estações de tubos Extratores de Solução do Solo (ESS) colocar em uma fazenda? Que tamanho de área uma ESS cobre?**

O melhor critério é por homogeneidade de área, de acordo com tipo de solo, principalmente textura, depois por espécie cultivada, depois por variedade. Daí vem as idades dos cultivos, e finalmente a topografia.

Exemplo de área homogênea: área com 100 ou 200 hectares em um tipo de solo de textura média dominante, cultivada com banana e toda a área apenas com a variedade prata, da mesma idade e com topografia plana. Observe que está tudo homogêneo mesmo em uma área de 100 ou 200 hectares e tecnicamente bastaria uma estação de ESS.

Outro exemplo seria com algumas variáveis: área de 200 hectares com manga sendo 150 hectares em solo argiloso e 50 hectares em solo arenoso. Aqui já necessitam estações de ESS separadas. Além de que cada 20 hectares têm idade 1 ano mais velha porque o agricultor plantava 20 hectares novos por ano ao longo de 10 anos, assim que temos situação heterogênea de diferentes idades com plantas adultas e plantas jovens. Podemos dizer que nos 200 hectares temos 100 hectares com variedade Tomy Atkins, 60 hectares com variedade Haden e outros 40 hectares com variedade Palmer. Temos 80% da área com topografia plana e 20% com declives de até 15% de desníveis. Observe que são variáveis bem heterogêneas e temos que optar por algumas estações que sejam representativas das situações dominantes porque não vale a pena espalhar pelo campo dezenas de estações de ESS, mas sim algumas poucas que sejam representativas das situações mais dominantes. Cada qual deve avaliar sua situação com bom senso e escolher o número de estações de ESS.



## **21. Como tratar os Extratores de Solução do Solo (ESS) em solos com texturas extremas, ou muito arenoso, ou muito argiloso?**

Em solos muito arenosos, o momento de engatilhar o vácuo nos tubos de sucção ESS é muito importante porque só conseguiremos fazer vácuo em solo úmido e isso é mais fácil no final das irrigações e até 1 hora do final da rega. Depois que o solo seca, não se consegue vácuo e temos que esperar a próxima irrigação para tentar de novo.

Em solos muito argilosos, pode ocorrer que a cerâmica porosa na extremidade dos tubos ESS pode ficar vedada pelas partículas de argila e mesmo com vácuo, não conseguem sugar a solução do solo. Nesse caso de solos bem pesados, recomendamos abrir um buraco no solo maior e preencher o fundo do buraco com areia grosseira apenas nas proximidades em que terá contato com a cerâmica para evitar a vedação desta pela argila fina e considerando que areia é material inerte que não influenciará nas leituras dos testes. Depois é preencher o restante do buraco com o solo normal. Muitas vezes em solos pesados, é recomendável engatilhar o vácuo em um dia e efetuar a coleta da solução do solo no dia seguinte porque a sucção é lenta nesses solos com alto teor de argilas. Assim que vamos aprendendo a manusear os equipamentos caso a caso pelas peculiaridades de cada tipo de solo porque alguns deles podem ter dificuldades tanto para pegar um bom vácuo ou para sugar a amostra através da cerâmica porosa. Essas dificuldades desaparecem em solos de textura mediana e esses solos são dominantes.



## **22. Como manipular via fertirrigação o BRIX ou formação de açúcares em frutas em geral ou em cana ou tomates para indústria ou tomates cereja baseado nos níveis de CE e nos nutrientes que participam do metabolismo dos açúcares.**

Na bioquímica da formação dos açúcares temos bem claro que as plantas têm um pico de absorção de Fosfatos algumas semanas antes de começar a maturação, isso porque as plantas precisam acumular moléculas de ATP com reserva de energia para que durante a maturação essa energia consiga quebrar os polissacarídeos de cadeia longa para formar principalmente sacarose, além de glicose e frutose que darão o sabor adocicado aos frutos. Depois vem o Potássio que é um elemento móvel nas plantas sem fazer parte das estruturas celulares, mas sim como regulador osmótico e principalmente na ativação de mais de 60 enzimas no metabolismo das plantas, sendo que cerca de 40 dessas enzimas são ativadas durante a maturação com influência direta na formação dos açúcares em final de ciclo. Em menor escala os micros Fe, Zn e Mn também são ativadores enzimáticos na maturação de algumas poucas enzimas. O Magnésio junto com Nitrogênio em pequena escala têm grande importância na manutenção da clorofila antes da senescência para garantir metabólitos da fotossíntese na formação de açúcares e reservas até começar a maturação. Aplicações de fórmulas com nutrientes ricas em P, K, Mn, Fe, Zn e Mg via fertirrigação e via foliar ajudarão a formar açúcares quando aplicados antes de iniciar a fase de maturação e será útil para elevar o BRIX em plantas com potencial em acumular açúcares.

Vejamos agora como influir no Brix através do controle da CE via fertirrigação. É quase um paradoxo quando aumentando a salinidade no solo aumentaria a doçura nos frutos!!! Sim é isso mesmo. Sabemos que depois que o desenvolvimento da planta e frutos já atingiu o nível



desejado e estamos aguardando a maturação para efetuar a colheita. A partir dessa fase queremos dificultar a absorção de água pelas raízes e que os solutos sejam cada vez mais ricos em Potássio desde a fase de frutificação e principalmente no final do ciclo. Cada unidade de CE causa uma tensão (pressão negativa) contra as raízes da ordem de -0,3 ATM e é proporcional, portanto  $CE = 2 \text{ mS/cm}$  cria uma tensão de -0,6 ATM. Níveis de CE abaixo de 3 mS/cm favorecem a absorção de bastante água e pouco soluto e o fruto fica mais aguado e o Brix cai. Devemos manter nas últimas semanas de cultivo CE sempre acima de 3 mS/cm e podendo superar 4 mS/cm propositalmente salinizando a solução do solo durante o período de maturação para que as raízes absorvam pouca água e que assim o Brix fica mais alto. Em fases anteriores quando a planta e os frutos ainda estão em desenvolvimento a CE deve se manter mais suave entre 1,5 a 2,5 mS/cm para evitar inibição na absorção de água que é importantíssimo para garantir alta produtividade. Por outro lado, manutenção de CE mais baixa que 1,5 mS/cm certamente fará com que a planta seja subalimentada com suprimento insuficiente de nutrientes para o desenvolvimento máximo desejado. É um jogo de manipulação da salinidade via fertirrigações para melhorar o Brix.

Em paralelo há o fornecimento via foliar de alguns nutrientes que sempre participam do metabolismo bioquímico da formação de açúcares que podem servir de paliativo para a agricultura de sequeiro que não tem a possibilidade de supri-los via fertirrigação, e esses nutrientes essenciais são facilmente pulverizados contendo PK + Zn, Fe, Mn e Mg para evitar limitantes nutricionais nas fases de anterior e durante a maturação.



**23. As irrigações noturnas para aproveitar as tarifas de energia mais baratas, tem alguma vantagem agrônômica? Como é a absorção pelas raízes à noite?**

A absorção pelas raízes ocorre apenas quando as plantas transpiram e isso ocorre normalmente quando os estômatos se abrem e ocorre a troca de gases capturando CO<sub>2</sub> para a fotossíntese. Em solos argilosos com boa retenção de água, as irrigações noturnas são bem-vindas porque na manhã seguinte quando os estômatos abrem e as plantas transpiram haverá absorção da solução do solo pelas raízes.

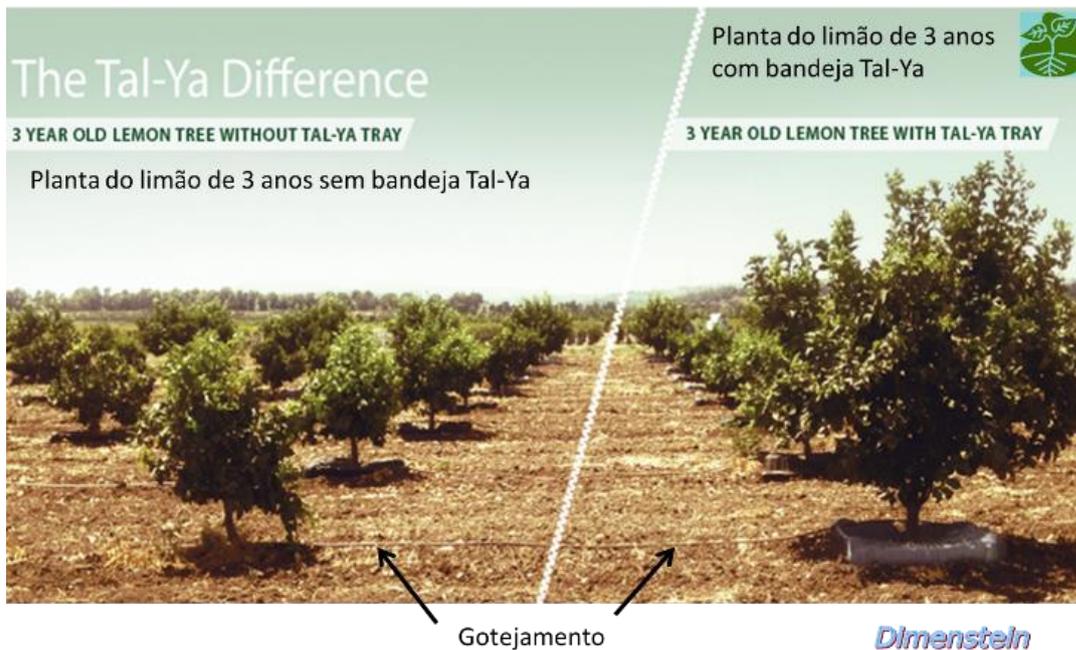
Em solos arenosos, contudo, pode ocorrer facilmente a perda por lixiviação da maior parte da água aplicada nas irrigações noturnas e quando o sol da manhã agir terá pouca água da irrigação noturna disponível durante o dia. O manejo de irrigação correto para solos arenosos é fracionar o tempo de rega em pequenas e frequentes irrigações ao longo do dia, evitando longas irrigações e evitando irrigações noturnas.

Para solos arenosos há alguns novos desenvolvimentos agrônômicos e um deles é incorporar em solos arenosos polímeros que têm alta capacidade de retenção de água e alguns deles podem absorver entre 300x a 500x o seu próprio peso em água. Então, 10g destes polímeros poderiam segurar entre 3 a 5 litros de água e evitar a evaporação rápida ou a percolação profunda para o subsolo, enquanto este volume retido nos polímeros estará disponível para a absorção das raízes. Estes polímeros são originais do amido ou da celulose e podem ser reidratadas após nova irrigação ou chuva. A ideia é espalhar e incorporar estes polímeros no solo para permitir que a água fique retida junto as raízes por mais tempo e evitar a secagem rápida que é comum em regiões de clima quente e textura do solo arenosa.



Outras práticas agrotécnicas para manter por mais tempo a umidade no solo são o uso de mulching que são coberturas de filmes plásticos sobre os canteiros e bastante usados para cultivos de certas hortaliças, outras coberturas mortas para cobrir o solo e diminuir a livre evaporação, e a incorporação de matéria orgânica que melhoram a textura e estrutura do solo, embora em climas quentes a matéria orgânica se decompõe em poucos meses. Outro desenvolvimento muito interessante e até mesmo revolucionário pela simplicidade e engenhosidade é a chamada bandeja coletora de água com nome de Tal-Ya, que é patenteado e original de Israel, muito simples para uso. Veja fotos:

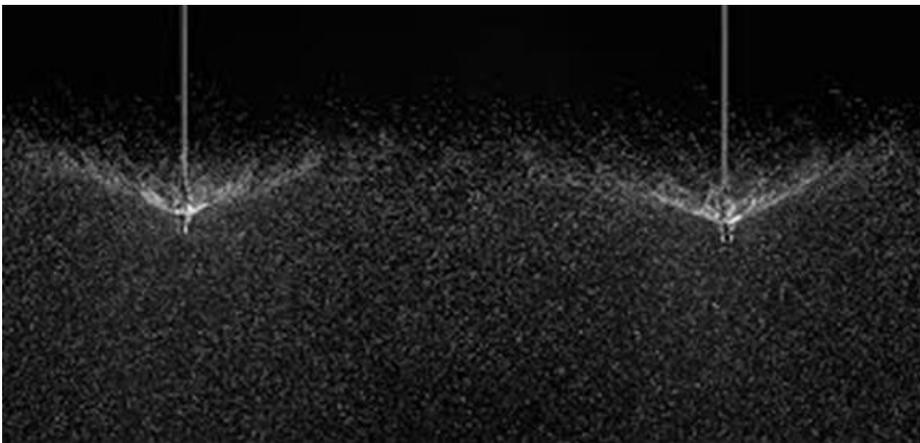




Existem vários tamanhos e formatos de bandejas Tal-Ya e a ideia é coletar a água ao redor da planta e evitar a evaporação. A fonte de água pode ser de irrigação, chuva e orvalho. Aliás o nome Tal-Ya em hebraico é Tal = Orvalho e Ya = Deus, portanto "Orvalho de Deus". É normal se formar orvalho em várias regiões durante a noite e de manhã cedo, se houver umidade do ar e com variação de temperatura superior a 8°C entre o dia e a noite. Exemplo de formação de orvalho se a temperatura de dia for de 30°C e de noite temperatura baixar para pelo menos 22°C. A chamada delta ( $\Delta$ ) temperatura chegaria a pelo menos 8°C de diferença entre o dia e a noite, e se a umidade relativa do ar presente for apenas razoável será suficiente para formar e acumular orvalho que a bandeja coletará e drenará essa formação de água pela sua arquitetura com dobras e inclinações e a água se espalhará por baixo da bandeja e ficará protegida de perda por evaporação pela radiação solar que não chegará ao solo úmido. As três condições que as bandejas Tal-Ya promovem são: manter a umidade perto de raízes, promover sombreamento e assim obter temperaturas mais amenas e suaves. Estas condições melhoram a eficiência de



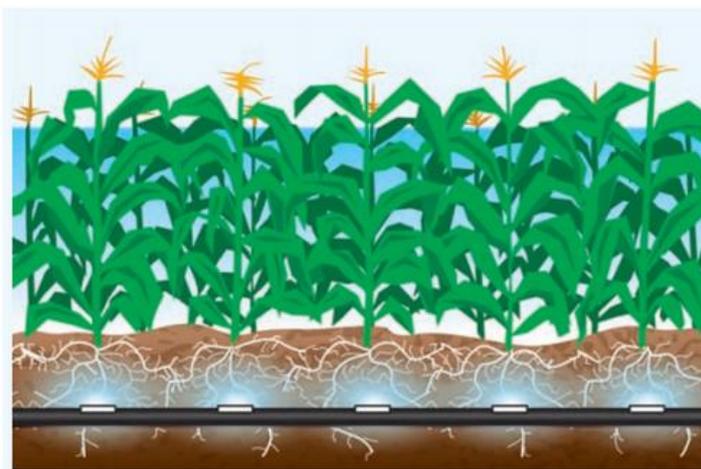
absorção de raízes. A temperatura abaixo de bandejas em regiões frias durante o inverno faz com que o efeito oposto manter as raízes a temperatura mais elevada. Evita também a necessidade de uso de herbicidas ou de capinas para remoção de ervas daninhas. Abaixo das bandejas se formam condições extremamente favoráveis de alta sinergia entre as bandejas Tal-Ya e o uso da tecnologia de fertilizantes protegidos que são chamados de liberação lentas e/ou controladas, que precisam das 3 condições que há por baixo das bandejas que são umidade, temperatura amena e sombra.



## 24. Irrigação de subsuperfície. Como fazer o manejo de fertirrigação?

A textura do solo é fundamental para a profundidade e espaçamentos dos emissores no caso de gotejamento enterrado que pode ser entre 15 a 30 cm de profundidade. Em solos mais argilosos a solução se espalha em todas as direções por capilaridade e por gravidade. Nos solos mais arenosos a gravidade é dominante e temos que optar por baixa vazão dos emissores e maior frequência de rega, além de enterrar as mangueiras menos profundas.

A partir daí com a irrigação bem calibrada e uniforme, o manejo de fertirrigação fica bem similar ao de superfície. A eficiência da ureia via fertirrigação é bem alta por não haver praticamente perdas por volatilização. A economia de água fica entre 20 – 30% comparado contra gotejamento de superfície e isso implica também em economia de energia, além de maior longevidade do equipamento que fica protegido da radiação solar enquanto enterrado e de outros desgastes e até ataques da fauna da região.



Subsurface drip irrigation (SDI)

Ilustração de irrigação de subsuperfície por gotejamento enterrado



## 25. Por que a Ureia não tem condutividade elétrica?

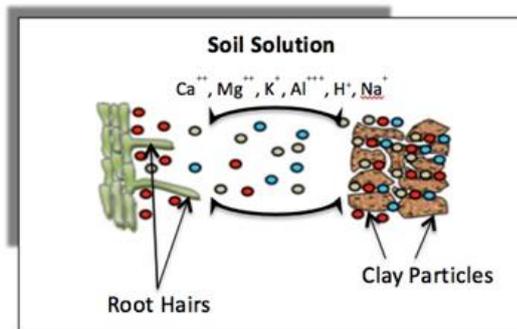
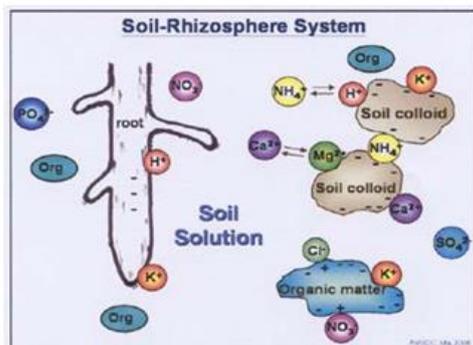


Grãos de Ureia e  
formula química  
esquemática  
contendo 1 Carbono  
e 2 Aminas.

Não é sal.

Observe a composição química da Ureia  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  que contém 1 Carbono e portanto é uma molécula orgânica e não um sal. Sal enquanto na fase sólida é neutro e após dissolver em água forma íons que são cátions e ânions. Esses íons conduzem eletricidade que medimos no condutímetro. A Ureia não sendo sal, não forma íons em solução e não conduz eletricidade. A grande maioria dos fertilizantes são sais inorgânicos (sem Carbonos) e essa é a diferença.

**26. Devemos considerar a contribuição dos íons não nutrientes na CE, como Bicarbonatos, Alumínio, Sódio, etc.?**



Sim. A CE não identifica a origem dos sais. A CE através do condutímetro identifica apenas a salinidade total sem saber se veio dos fertilizantes ou se são naturais da água ou do solo. Apenas lê o somatório dos sais totais. Assim que podemos ter na solução do solo alguns íons não nutrientes para as plantas.

**27. As relações entre 3 principais cátions K, Ca e Mg na solução do solo dependem da fase fenológica do cultivo?**

As fases fenológicas são fundamentais para a melhor distribuição dos 3 principais cátions na solução do solo.

Vegetativa deve ter cerca de 50% Ca, 25% K e 25% Mg;

Floração deve ter cerca de 40% Ca, 40% K e 20% Mg;

Enchimento de frutos ou grãos cerca de 25% Ca, 60% K e 15% Mg;

Maturação deve ter cerca de 10% Ca, 85% K e 5% Mg.



Aqui não se aplica a tradicional proporção da agricultura de sequeiro para Ca – Mg – K em que Cálcio seria o triplo do Magnésio e Magnésio o triplo do Potássio. A dinâmica na solução do solo é outra e os critérios adotados mudam completamente.

**28. Qual seria o nível adequado em ppm de Cálcio, de Potássio e de Magnésio para o cultivo de batata na fase de enchimento dos tubérculos? Estariam esses nutrientes relacionados a CE na solução do solo nessa fase fenológica?**

Desejamos que esses 3 cátions tenham a distribuição aproximada na solução do solo de 25% Ca, 60% K e 15% Mg, nessa fase de enchimento dos tubérculos. Se por exemplo a CE = 2 mS/cm a distribuição dos cátions seria de 25% de Cálcio fornecendo 0,5 mS/cm que seriam 5 equivalentes de Cálcio e como cada equivalente saliniza 0,1 mS/cm e 1 equivalente é o peso molecular dividido pela valência, para Cálcio o peso é 40 e a valência é 2 formando 1 equivalente de 20 e como queremos 5 equivalentes somam 100 ppm de Cálcio. Se entretanto, a CE fosse menor com apenas 1,6 mS/cm, o nível ideal para Cálcio mantendo a sugestão de 25% da CE seria de 4 equivalentes com 80 ppm de Cálcio em uma CE de 1,6 mS/cm.

Para Potássio o equivalente é igual ao próprio peso por ser monovalente dividir 39 por 1 = 39 e cada 39 ppm de K saliniza 0,1 mS/cm. Na fase de enchimento dos tubérculos seria adequado para K ter 60% da CE entre os cátions e se a CE = 2 mS/cm os 60% seriam 1,2 mS/cm que valem 12 equivalentes e cada equivalente vale 39 ppm, obtendo a concentração de  $12 \times 39 = 468$  ppm de K. Se a CE reduzir



para 1,6 mS/cm e mantermos a contribuição do K em 60% seriam 9,6 equivalentes formando  $9,6 \times 39 = 374$  ppm de K. Sempre conservando a proporção entre os cátions na solução do solo naquela fase fenológica para batata.

A conta para Magnésio seria assim. Sendo bivalente com peso 24 e dividindo por 2 teríamos 1 equivalente de 12 ppm de Mg e para termos 15% de contribuição do Mg na CE, se a CE for = 2 mS/cm seria 3 equivalentes contribuindo com 0,3 mS/cm e em ppm seriam  $12 \times 3 = 36$  ppm de Mg. Se alterar a CE e mantivermos os 15% de contribuição de Mg na CE da solução do solo teremos excelente distribuição dos cátions na fase de enchimento do tubérculos em batata.

Observem que é um jogo dinâmico de ajustes de doses manipulando as proporções de acordo com as fases de desenvolvimento dos cultivos e simples medições de CE na solução do solo para que as distribuições dos íons nutrientes sejam adequadas em harmonização das demandas e suavizando as competições e antagonismos entre os nutrientes. O maior objetivo é tentar errar menos e logo que identificar os níveis dos nutrientes e a CE total da solução do solo, efetuar os ajustes via fertirrigação para tentar chegar na proporção desejada para aquela fase e que a salinidade fique dentro do intervalo de tolerância para mitigar possíveis estresses. Assim como a CE e cada nutriente, o pH é outro importante fator a ser manipulável de acordo com os fertilizantes a escolher e aplicar via fertirrigação.

Vale lembrar que a  $CE \times 10 =$  ao número de equivalentes de cátions e igual número de ânions. Exemplo para  $CE = 2$  mS/cm teremos 20 equivalentes de cátions e outros 20 equivalentes de ânions. Total de 40 equivalentes de íons, sempre meio a meio entre cátions e ânions.



## **29. Fertirrigação com lâmina insuficiente. O que acontece com déficit hídrico quando se irriga menos do que seria ideal?**

Muitos projetos de irrigação são chamados de irrigação de salvação apenas para servir de paliativo e minimizar o stress hídrico durante os períodos da estação seca. Nesse caso, a irrigação não teria a ambição de fornecer a chamada irrigação plena. As fertirrigações podem entretanto ser o grande diferencial ao fornecer mesmo em irrigações de menores volumes os nutrientes necessários ao cultivo e ao menos garantir uma nutrição adequada durante os meses em que as irrigações são acionadas. O custo do equipamento de irrigação para suprir baixos volumes é mais barato assim como o uso da energia para acionar o Sistema, porém o ideal para obter o máximo de produtividade e a melhor relação benefício/custo seria com irrigação plena.



30. A chamada nova teoria da **"Dupla-Relatividade"** para fertirrigação. O que seria essa teoria?



*Primeiro um muito obrigado especial a Einstein pela sua primeira e original abordagem sobre a relatividade que serviu de inspiração para essa nova teoria da dupla-relatividade para fertirrigação, que começou como um exercício ou brincadeira, mas que no final do caminho se provou muito lógica para pessoas que querem desafios das interpretações.*

Para entender a aplicabilidade dessa teoria vamos usar também uma sequência de suposições ou premissas.

Premissas para interpretações dos nutrientes na solução do solo ao fazer ao menos duas coletas sucessivas medindo a CE e medindo o teor de alguns nutrientes como Cálcio, Nitrato, Potássio, etc. Daí comparamos após o intervalo das medições que pode ser por exemplo semanal, a CE atual contra a CE da semana anterior, sendo essa a primeira relatividade. Daí medimos algum nutriente como o Potássio e fazemos uma dupla comparação: A concentração de Potássio dessa

93



semana contra o Potássio da semana passada e a segunda comparação é a contribuição do Potássio da semana passada na CE comparada a contribuição do Potássio dessa semana na CE. Essa é a “Dupla-Relatividade”. Idem para outros nutrientes. Comparamos cada nutriente contra ele próprio em duas coletas sucessivas após o intervalo desejado e identificamos o DELTA ( $\Delta$ ) e identificamos o quanto esse nutriente contribuiu na CE nessas duas coletas. Isso se repete a cada nova coleta comparando o nutriente individual contra ele próprio e sua contribuição na CE nas duas coletas, sempre a coleta atual comparada com a coleta anterior e identificando o  $\Delta$  do nutriente e o  $\Delta$  de salinidade através da CE e qual a contribuição desse nutriente dentro da CE.

**Premissa 1.** Não existe valores absolutos em nutrição vegetal.

**Premissa 2.** Identificar a salinidade total na solução do solo medida pela CE – Condutividade Elétrica em mS/cm, que é similar a unidade do sistema internacional dS/m;

**Premissa 3.** Considerar a relação de que para cada medição de CE = 1 mS/cm, representam 10 equivalentes de cátions e outros 10 equivalentes de ânions, respeitando essa proporcionalidade... CE = 2 mS/cm representam 20 equivalentes de cátions e outros 20 equivalentes de ânions, e assim por diante até ~7,0 mS/cm.

**Premissa 4.** Os principais cátions que formam o coquetel iônico na solução do solo são  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $NH_4^+$ ,  $H^+_3O$  (hidrônio), e os micros  $Fe^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Cu^{++}$ .



**Premissa 5.** Os principais ânions que formam o coquetel iônico na solução do solo são  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , e os micros  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$  e  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

**Premissa 6.** Exemplificando com Potássio que tem o peso molecular 39 e sendo cátion monovalente, o seu equivalente é igual ao seu próprio peso molecular, e cada equivalente contribui na CE total com 0,1 mS/cm, assim que se a CE da solução do solo for de 2,5 mS/cm e o  $\text{K}^+$  contribuir com 10 equivalentes, teremos outros 15 equivalentes no coquetel da solução do solo formados com outros cátions. A concentração do  $\text{K}^+$  em ppm na solução nutritiva do solo nesse exemplo de 10 equivalentes seria  $10 \times 39 = 390$  ppm (partes por milhão) de  $\text{K}^+$  e a sua contribuição na salinidade total seria de 1 mS/cm dentro dos 2,5 mS/cm de todo o coquetel de cátions. Em paralelo, essa mesma solução nutritiva do solo com CE = 2,5 mS/cm deve ter também outros 25 equivalentes de ânions. Somando todos os equivalentes de cátions + ânions desse exemplo, teremos 50 equivalentes.

**Premissa 7.** A concentração de  $\text{K}^+$  na solução do solo é apresentada em ppm ou mg/L ou mg/Kg e todas essas unidades são similares. Vamos considerar que 1 Equivalente de  $\text{K}^+$  = 39 ppm  $\text{K}^+$  e contribui para salinizar a solução do solo com CE = 0,1 mS/cm. Sendo proporcional, para 2 equivalentes de  $\text{K}^+$  teremos  $39 \times 2 = 78$  ppm e a salinidade originada pelo  $\text{K}^+$  contribui na CE com 0,2 mS/cm.

**Premissa 8 .** Exemplo com um cátion bi-valente como cálcio  $\text{Ca}^{++}$  , que tem peso molecular 40, mas sendo bi-valente, seu equivalente é  $40/2 = 20$ . Portanto, cada 20 ppm  $\text{Ca}^{++}$  na solução de solo contribui com 0,1 mS/cm na CE. Se podemos identificar, por exemplo, em uma



análise de solução de solo 80 ppm de  $\text{Ca}^{++}$ , podemos concluir que a CE originado desse cátion é 0,4 mS/cm.

**Premissa 9** . Retornando para o  $\text{K}^+$ , a concentração, livre na solução do solo será 100% disponível apenas em hidroponia e em solos extremamente arenosos. No entanto, em solos com teores de argilas e a presença de matéria orgânica, existem muitas armadilhas para capturar  $\text{K}^+$  e impedir parcialmente a sua disponibilidade na solução do solo, onde as raízes podem obter parcialmente alguns nutrientes. Isso é a grande diferença entre análise de solução de solo e análise do solo tradicional. No solo solução aparece apenas o  $\text{K}^+$  disponível para as raízes naquele momento sem considerar o  $\text{K}^+$  imobilizado. Este conceito é válido para todos os nutrientes e principalmente os cátions e para fosfatos.

**Premissa de 10** . A análise do solo tradicional nos traz informações absolutas do  $\text{K}^+$  na amostra de solo tratados em laboratório com métodos de extração eficiente para obter  $\text{K}^+$  total no solo, mesmo se não está disponível para as raízes em estado natural. Esta informação única e absoluta tem sido usada para servir como a base de recomendações de fertilização quantitativa em muitas culturas não irrigadas. Muitos agricultores realizam estas análises com baixa frequência de apenas uma vez a cada 1 ou 2 anos e durante esses períodos são as tantas variações que ocorrem naturalmente.

**Premissa 11** . Um exemplo com o ânion nitrato  $\text{NO}_3^-$ , cujo peso molecular é  $\text{N} = 14, + 3 \text{ Oxoigênios} \times 16 = 48$ , então o total será de  $14 + 48 = 62$ . Como é um íon monovalente, nitrato tem seu peso molecular dividido por 1, formando seu equivalente igual ao peso



molecular de 62. Então, dizemos que 62 ppm de nitrato na solução do solo contribui para salinidade total CE com 0,1 mS / cm. Duas vezes a 62 seriam 124 ppm ou 2 equivalentes de nitrato e sua contribuição para a CE seria 0,2 mS/cm e assim por diante na proporcionalidade linear. Esta proporcionalidade é verdade até CE ~ 7,0 mS/cm, mas com salinidade > 7,0 mS / cm, a solução torna-se saturada e já não mais linear.

**Premissa 12.** O uso de tubos Extratores de Solução do Solo (ESS) vem trazer uma opção dinâmica, fácil e rápida que sugere uma interpretação nova para um manejo de nutrição que foge de valores absolutos e cria uma **Dupla-Relatividade em sequências de comparações ao próprio nutriente individual e a contribuição desse nutriente dentro da CE**. Assim não temos mais referências absolutas de quantos ppm de K<sup>+</sup> seria ideal em cada fase do cultivo, mas sim quantos ppm de K<sup>+</sup> seria o ideal para diferentes níveis de CE em cada fase do cultivo.

**Premissa 13.** Coletas da solução do solo em intervalos semanais, ou quinzenais, ou quando for conveniente, por ser fácil e rápido, podem servir para identificar tendências por comparações **relativas** da **coleta atual contra a coleta anterior** e verificar quantos ppm de cada nutriente relevante estão naquele momento disponíveis na solução do solo às raízes e qual o **DELTA (Δ)** em relação a coleta anterior. Similar a comparar a CE entre duas sequências de coletas de amostragens da solução do solo. A comparação é primeiramente relativa de cada nutriente contra ele próprio; a segunda relatividade é a comparação de cada nutriente na salinidade total medida pela CE para cada sequência de duas amostras coletadas que formam o Δ. Essa é a Dupla-Relatividade.



**Premissa 14.** Para o método de extratores de solução do solo, tolerância de +/- 1 equivalente na precisão das medições é muito razoável para o nível do agricultor; e até +/-0,5 equivalente de tolerância para o nível de pesquisador.

**Premissa 15.** Os intervalos de variações na prática para os níveis de nutrientes na solução do solo em campo são muito maiores do que 1 equivalente para a tolerância sugeridos para o grau de precisão de kits com testes rápidos para os vários nutrientes como  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $NH_4^+$  para os principais cátions e  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $HPO_4^{--}$  entre os ânions. Essa variação seria suficiente para este efeito e suficiente para identificar as tendências de DELTA ( $\Delta$ ) em dois ou mais coletas de amostras sucessivos e usar para apoiar as decisões de manejo nutricional de doses a ser aplicado nos nas lavouras irrigadas via fertirrigação. Portanto, kits rápidos servem a esse propósito dentro de uma tolerância razoável. Testes mais precisos são muito mais caros e demorados, mas sem qualquer proveito prático para uso pelos agricultores.

**Premissa 16.** Uso de extratores de solução do solo em culturas irrigadas x de sequeiro. Uso em cultivos irrigados já é rotina para muitos agricultores, que podem fazer as correções através de dosagens de fertirrigação; No entanto, culturas de sequeiro tem alguns truques para usar esse método. Os tubos de extratores de solução de solo precisam sugar a solução do solo sob vácuo e colocar vácuo com o auxílio de uma seringa de 60 ml, somente é possível quando o solo está molhado e ocorre após uma chuva ou temos que simular a rega manualmente com um balde de água em volta dos tubos ESS e então engatilhar vácuo nos tubos. Nenhum vácuo é possível no solo seco ou com baixa umidade.



**Premissa 17.** Exemplo com o cultivo da batata. Na semana anterior através da coleta da solução do solo com Extratores de Solução do Solo (ESS), se identificaria a  $CE = 2,0 \text{ mS/cm}$  indicando o nível de salinidade total na solução. Considerando a concentração de Cálcio dentro dessa CE identificado como 100 ppm e sabendo que 1 equivalente de  $Ca^{++}$  vale 20 ppm, a contribuição do Cálcio na CE seria de  $0,5 \text{ mS/cm}$  do total de  $2,0 \text{ mS/cm}$  que é uma boa concentração durante a fase de enchimento dos tubérculos dentro da salinidade total, o cálcio participa com 25% dos cátions. Entretanto, na semana seguinte, após uma eventual chuva, que provocou uma diluição e lixiviação parcial da solução do solo, a CE total ficando a CE em  $1,0 \text{ mS/cm}$  e a concentração de Cálcio dentro dessa CE identificado como apenas 60 ppm, ou seja perdeu-se 40 ppm de Cálcio, e certamente outros nutrientes que compõem a CE total. Em percentagem o Cálcio ficou com 3 equivalentes ( $3 \times 20 = 60 \text{ ppm}$ ) em um total de 10 equivalentes de cátions com a  $CE = 1 \text{ mS/cm}$  que implica em uma proporção de 30% da CE seria a contribuição do Cálcio entre os cátions. A interpretação é que em geral se perdeu parte de todos os nutrientes e em números absolutos também o Cálcio, porém em concentração na solução do solo o Cálcio ficou mais concentrado. Se queremos fazer um complemento através da fertirrigação com vários nutrientes para repor o CE perdida e obter novamente  $CE = 2,0 \text{ mS/cm}$ , temos de aplicar a **"Regra de Ouro da Fertirrigação"**, que é:

**$100 \text{ g/m}^3 = \text{a garantia da fórmula passa de \% para ppm}$**



**Premissa 18.** Se queremos restaurar a concentração de cálcio de 60 ppm a 100 ppm, usando a “Regra de Ouro da Fertirrigação” e escolher a fonte de cálcio como Nitrato de Cálcio por exemplo, que tem o percentual de garantias de 15-00-00 + 19Ca e para facilitar a contagem redonda desse conteúdo de 19Ca, vamos considerar somente para as contas de cálcio como 20 em vez 19 neste exemplo. Sabemos que 100 g deste fertilizante em cada m<sup>3</sup> de irrigação contribuirá com 20 ppm de cálcio e se desejamos fornecer os 40 ppm de cálcio na próxima fertirrigação, por proporcionalidade deve aplicar-se 200 g de Nitrato de Cálcio por m<sup>3</sup> de irrigação. Se o volume de água a ser aplicada for de (exemplo) 300 m<sup>3</sup> de irrigação e receber cada m<sup>3</sup> 200g dese fertilizante então serão aplicados 60 kg deste fertilizante e o complemento de cálcio irá aumentar a concentração dentro da solução do solo com +40 ppm. Neste caso, o mesmo fertilizante forneceria também 30 ppm de N, uma vez que temos 15 N na fórmula garantia. Em seguida, para cada 100g/m<sup>3</sup> representa 15 ppm e para a 200 g/m<sup>3</sup> será 15 x 2 = 30 ppm N. Se desejarmos ainda mais N e por exemplo for escolhido Ureia que contém 45% N e aplicar a regra original na proporção de 100 g/m<sup>3</sup> deste fertilizante para o mesmo volume de 300 m<sup>3</sup> seriam 30 kg de ureia para a fertirrigação a soma de N seria o anterior 30 ppm originado de Nitrato de Nálcio + 45 ppm de ureia cuja garantia em % passa a ppm quando se aplicam 100 g/m<sup>3</sup> e assim totalizando 75 ppm de N.

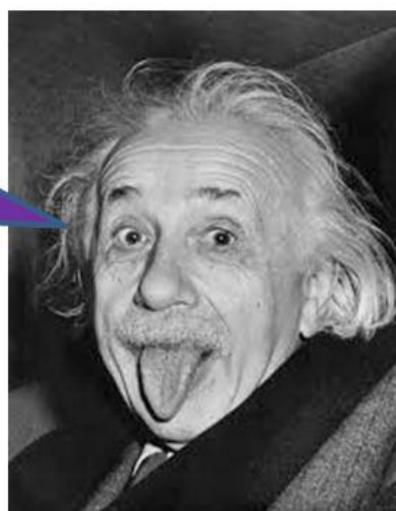
**Premissa 19.** A CE da solução do solo é considerada dentro da faixa fisiológica para as principais plantas cultivadas entre 1.5 a 4.0 mS/cm. Quando a CE < 1,5 mS / cm é um forte indicador de que a solução do solo é muito diluída e plantas vão estar com fome. Quando o CE = 4,0 mS/cm está no limite e é um indicativo claro do fertilizante excessivo (sais) aplicado. Sabemos que para cada unidade da CE no solo solução



gera uma tensão (pressão negativa da ordem de  $-0,3$  ATM, dificultando a absorção pelas raízes. CE entre 5 e 7 mS/cm inibe a absorção da solução pela raiz e forçará o fechamento dos estômatos por grande parte do dia, diminuindo a capacidade de fotossíntese. Quando o CE  $> 7$  mS / cm o fenômeno inverso pode ocorrer, forçando a perda de água pela planta para o solo e a planta fica desidratada entrando murcha e colapso.

**Premissa 20.** A evolução de nosso conhecimento sobre química agrícola abre um amplo caminho para melhor praticar a fertirrigação sem recorrer às recomendações do tipo "receitas de bolo" em que se impõem doses prontas e desmerecendo a capacidade de manejo dos agricultores irrigantes e seus agrônomos em efetuar ajustes compatíveis. A prática da fertirrigação é uma ferramenta sem igual para otimização da nutrição dos cultivos irrigados e tudo começa com qualificação e capacitação das equipes de campo para obtenção do melhor custo/benefício de manejo. Afinal, com permissão de Einstein, tudo é... duplamente relativo...

Agora entendeu?  
Fertirrigação é...  
Duplamente-Relativa



### 31. É possível combater nematoides via fertirrigação?

Observe essa nova tecnologia chamada de Aqua4D que é uma tecnologia suíça em tubulação que emite radiações eletromagnéticas à medida que a água passa nesse tubo e daí vai para a tubulação normal que levará a água de irrigação ao campo.

Esse tubo atua bem similar a um micro-ondas que emite radiações eletromagnéticas em um comprimento de ondas específico que é suficiente para quebrar as pontes de Hidrogênio entre as moléculas de água, eliminando provisoriamente a tensão superficial da água por cerca de 2 a 3 dias. A água fica mais densa, ou seja, maior quantidade de moléculas de água no mesmo volume e isso faz com que essa água seja muito mais eficiente em dissolver sais e assim também facilita as raízes em absorver a solução do solo.



Pode ser com tubo individual para áreas pequenas, ou modular como na foto para maiores volumes. O gasto de energia para acionar o



eletromagnetismo de 1 tubo é similar a uma lâmpada de 60W. Sua ação deve ser contínua enquanto durar a irrigação.

A grande curiosidade é que as áreas irrigadas com Aqua4D tiveram forte redução de ataques de nematoides e várias tentativas de dar explicações para justificar o mecanismo de ação contra nematoides como deixá-los desorientados, ajudar a flora microbiana antagônica, etc. Não está claro como funciona, mas é fato que os nematoides diminuíram de modo dramático nessas áreas irrigadas após acionar esse mecanismo eletromagnético.

A eficiência das raízes para absorver a solução do solo com a água mais densa é também um fato incontestável comparado contra irrigação com água normal sem o tratamento eletromagnético que é uma nova ferramenta de melhora da solubilidade dos sais.

### **32. A injeção de fertilizantes no sistema deve ser feita antes ou depois da filtragem?**

O normal seria depois desde que as fontes de fertilizantes utilizadas sejam 100% solúveis em bom grau de pureza.

Sabemos que no mercado há fertilizantes com bastante sugicidade e seria prudente filtrar a solução antes de seguir para os tubos de irrigação. Além disso há o uso inadequado de alguns fertilizantes de solo que não deveriam ser usados via fertirrigação, mas alguns agricultores insistem em tentar dissolvê-los mesmo parcialmente para injetá-los e esses são de baixa eficiência e risco de entupimento dos emissores.



### **33. Quais as principais novidades no mercado de fertilizantes solúveis?**

**PeKacid** 00-60-20 com pH 2,2 tampão, é baseado em Ácido Fosfórico purificado (grau alimentício) dessecado é pó e estabilizado junto com MKP (Mono Potássio Fosfato 00-52-34) que fornece o tamponamento do pH e mantém o produto em pó seco enquanto armazenado. Solubilidade é de 680g/L. Salinidade CE a 1g/L = 1,4 mS/cm que é bem inferior ao ácido fosfórico líquido cuja CE = 2,2 mS/cm. O processo de dessecar o ácido fosfórico e o produto final é patenteado pela ICL Fertilizers. PeKacid é também largamente usado como matéria prima em formulações NPK para acidificar e serve para manter o sistema de irrigação limpo em aplicações periódicas. Sugere-se ao menos 5kg por semana por hectare.



PeKacid apresenta-se como fertilizante em pó totalmente solúvel e puro extremamente ácido com 00-60-20 e forte poder tampão para pH 2,2 como único e mais eficiente produto ácido a base de PK no mercado.

#### **PeKacid foliar – Uso e Patente por ação fitossanitária de “choque de pH”**

PeKacid foliar é uma das fontes de minha patente para uso de fertilizantes foliares de pH extremos desde que baseados em PK, ou seja, muito ácidos ou muito alcalinos, mas sempre PK. Devido ao pH ácido e sua composição e ser PK que têm alta mobilidade no floema,







Estufa acima com tomate cereja usando pesticidas rotineiramente.



Estufa usando apenas PeKacid foliar e zero de pesticidas. Posteriormente, se aplicou PeKacid em doses reduzidas de 0,5% de concentração e obteve o mesmo nível de pH com resultado similar.

**Testemunha infestada com larvas de minadora (*Liriomyza* spp.) mesmo com aplicações 2x por semana de inseticidas regulares**



*Dimenstein*

Acima melão com forte ataque de minadora

**Plantas de melão que receberam pulverizações com PeKacid at 1% concentração com controle da minadora (*Liriomyza* spp.) que é o maior problema fitossanitário do melão no Brasil. Total 6 sprays. Nessa fase da fotografia já se obteve forte redução da infestação de população de larvas da minadora. Também desapareceram da lavoura todas as outras pragas e doenças de contato como Oídio, Mildeo, insetos, ácaros, bactérias, esporos de fungos, etc...**



*Dimenstein*

Melão na mesma área acima tratada com PeKacid foliar.



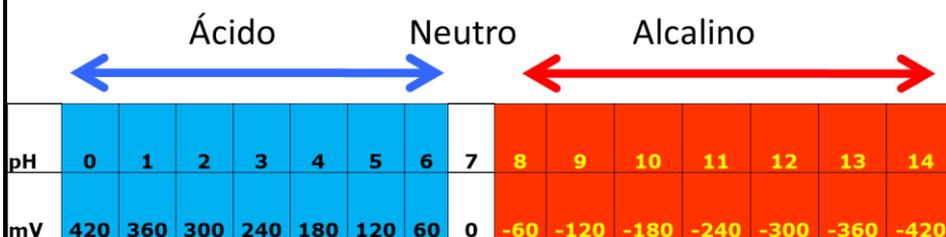
A esquerda coco atacado por ácaros e a direita após 4 meses com pulverizações semanais de PeKacid a 0,5% de concentração, usando 2kg em 400 Litros de calda.

A ação de contato depende de uso de um volume abundante para que haja ação da calda de pH extremo banhando os patógenos e pragas. Insetos e ácaros são mais sensíveis a pH extremos nas fases jovens de ovo e larva. Muitos fungos e bactérias têm forte inibição por ação de pH extremo e sempre com PK como fonte do produto para que tenha mobilidade no floema e também servem como nutrientes.

Esse projeto de "Choque de pH" com fertilizantes solúveis PK teve o nome original de Projeto ParaNutri que na versão ácida utilizamos PeKacid, enquanto que nas versões alcalinas testamos 4 diferentes combinações de PK que tecnicamente são excelentes, porém a versão ácida é mais barata. Assim que sequências de aplicações de PK ácidos, ou sequências alcalinas ou ainda sequências de aplicações foliares revezando ácido com alcalino, todos foram eficazes na redução de muitas pragas e doenças.



## ParaNutri Projeto e Patente



$\Delta$  pH = gradiente elétrico

$\Delta$  pH até 3 é normal =  $3 \times 60 \text{ mV} = 180 \text{ mV}$

*Dimenstein*

A escala de pH vai de 0 a 14, porém ela mede voltagem e em miliVolt temos voltagem zero apenas no pH 7. Para cada unidade de pH que acidifica temos cerca de 60 miliVolts (mV) em números redondos e a tolerância das membranas biológicas é de até 180 mV de DELTA -  $\Delta$ pH, ou seja, a diferença do pH no citoplasma da célula do patógeno, ou do ovo ou larva do inseto ou ácaro, se for banhada com uma solução de pH extremo que cause um  $\Delta$ pH > 3 vai gerar um gradiente elétrico > 180 mV e esse é o limite da integridade das membranas biológicas que passariam por rompimento ou plasmólise. Sabemos que o pH interno no citoplasma da maioria das células é de 7,2 e aplicações de soluções de pH < 3 para a versão ácida se mostrou eficaz. Para a versão alcalina com pH > 10,5 também funcionou bem. Toda biologia precisa da força motriz que as diferenças de pH promovem entre as membranas das diversas organelas e o citoplasma, formando  $\Delta$ pH sempre < 3 e assim o metabolismo funciona com fluxos iônicos normais.



**Acid-NPK** para fertirrigação ácida e para uso conjunto com herbicidas – É uma família de fórmulas NPK e cuja fonte de Fósforo total o parcialmente seja o PeKacid para que o pH final da formulação em mistura fique entre 3 a 3,5 considerando o uso para fertirrigação com águas duras e alcalinas. Também é o pH ideal e tampão para usar em conjunto com herbicidas em geral. Abaixo alguns exemplos de NPK acidificados com PeKacid, usado como matéria prima nessas misturas ou *blends*. Outras variações e proporções de NPK ácidos podem ser customizadas e enriquecidas com aditivos ou bioestimulantes.

**24-04-24**

**06-06-46**

**10-10-40**

**34-14-04**

**25-15-15**

**Nitrato de Magnésio puro** 11-00-00+9,3Mg é o tradicional Nitrato de Magnésio obtido a partir da reação do Ácido Nítrico com Carbonato de Magnésio eliminando Ácido Carbônico e posteriormente cristalizado formando grão com aspecto de lentilhas ou flocos.



Tradicional Nitrato de Magnésio puro em formato de lentilhas, também conhecido como esverdeador por promover a síntese de clorofila rapidamente nas plantas considerando a alta mobilidade no xilema e no floema de N e Mg e que esses nutrientes

formam o núcleo da molécula de clorofila.

**Nitrato de Magnésio enriquecido no grão 10-00-00+9Mg + Micros** ou **RNA\*** (\*RNA = *Release Nutrient Additive* em inglês ou Aditivo de Liberação de Nutrientes) RNA\* nesse caso não é o conhecido ácido ribonucleico, mas sim usou-se a mesma sigla. Na verdade, é um aditivo originado de um polipeptídeo solúvel de cadeia longa que é um precursor de um novo quelante biodegradável chamado de IDHA e que ao infiltrar no solo via fertirrigação formará esse quelante que irá quelatizar certos cátions que estejam presos no solo e liberá-los para as raízes absorverem. Esse quelante é o único biodegradável do mercado é se decompõe em cerca de 30 dias sendo ambientalmente amigável. Durante o processo de fabricação do Nitrato de Magnésio, antes de cristalizar e formar os grãos a solução concentrada ainda líquida é enriquecida com um coquetel de Micros ou com RNA\*.

**Nitrato de Magnésio** nas versões enriquecidas com **Micros** ou com **RNA\*** nas fotos abaixo.

Idem para as versões enriquecidas de **Nitrato de Cálcio com Micros** ou com **RNA\*** similares no processo de fabricação onde se reage Ácido Nítrico com Carbonato de Cálcio eliminando Ácido Carbônico e posteriormente cristalizado formando grão.

Para uso via foliar as doses variam entre 0,5% até 1% do volume de calda quando usadas em altos volumes típicos para frutas e hortaliças.

Para grãos e cana, a tendência é usar baixo volume e as concentrações na calda aumentam e podem variar entre 3% a 6%. Em aplicações por avião pode ser ainda mais concentrado entre 6% a 10%.

Importante adicionar sempre um surfactante.

Para uso via fertirrigação, as doses adequadas são facilmente ajustadas se tiver o uso dos kits rápidos descritos anteriormente.

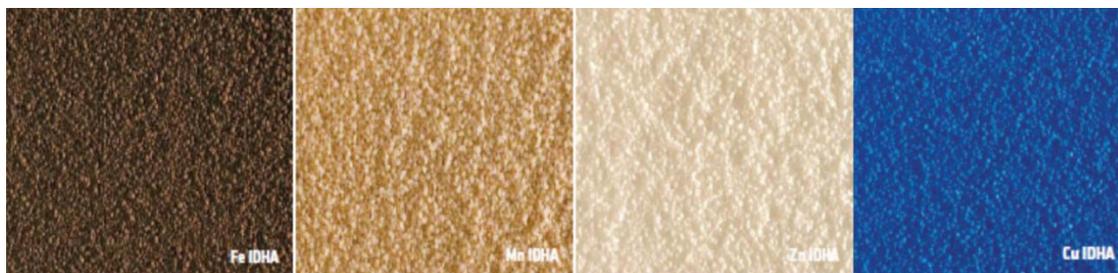




No quadro acima estão as versões enriquecidas de Nitrato de Cálcio e de Nitrato de Magnésio, em que dentro dos grãos estão incorporados um coquetel de Micros com quelatos para os 4 cátions (Fe, Mn, Cu e Zn) além de B e Mo que formam o coquetel com 6 Micros além dos Macros N e Mg ou N e Ca. Alternativa de uso do aditivo RNA\* que é um polipeptídeo precursor de um novo quelante biodegradável chamado de IDHA e que é patenteado e exclusivo da fabricante de fertilizantes ADOB da Polônia. Os primeiros experimentos com o uso do RNA\* mostram aumento na matéria seca dos principais cátions que estariam presos nas argilas e que seriam liberados para as raízes absorverem, já que ele é precursor de um novo quelante (IDHA) que se formará no solo quando aplicado via fertirrigação. Esse aumento de cátions variou entre 25% a 40% em relação a testemunha no mesmo tipo de solo e cultivo e recebendo a mesma dose de nutrientes, porém sem o RNA\*. A curiosidade foi que houve aumento também de 20% de Fósforo na matéria seca das plantas que receberam fertilizantes com RNA\*, porém ainda não temos justificativa de como seja a influência do RNA\* com



Fósforo porque esse elemento forma ânions e os quelatos agem sobre cátions. Essa questão ficará em aberto para pesquisas futuras.



*Blends* de **NPK + Micros + RNA\*** - É uma família de fertilizantes enriquecidos e com flexibilidade de ser customizado de acordo com encomendas para obter o NPK desejado, o nível de pH pode ser manipulado e ajustado de acordo com as escolhas das matérias primas nas misturas, ter adição de um coquetel de Micros quelatizados para os cátions e sais para os ânions, e a opção de enriquecer com o novo aditivo RNA\*. Todos na forma de pó solúvel microcristais solúveis. Outra novidade nesse blends de NPK é a fonte de N na forma de Ureia também como microcristais solúveis que dispensa o uso de anticaking ou antiempedante, isso porque em fórmulas que usam Ureia prilada que tem um formato granulado, para misturar com outras matérias primas de P e K que estão em pó ou cristais, tem-se que moer a Ureia e essa se torna muito higroscópica (absorve muita umidade do ar) tem tendência de empedrar formando dentro da sacaria blocos em vez de ficar soltinho em pó. Daí muitas misturadoras usam algum anticaking, mas isso não evita após certo tempo que o fertilizante forme blocos empedrando dentro da sacaria. Agora com a nova tecnologia da Ureia microcristal esse problema está resolvido. Seguem alguns exemplos customizados para *blends* de NPK com variações e enriquecimentos.



## Variações para enriquecer NPK



**16-08-32 com pH 5,5 a 6,0**

**16-08-32 com pH 3,5 a 4,0**

**16-08-32 + 3% RNA\* com pH 3,5 a 4,0**

**16-08-32 + 2% RNA\***

**16-06-32 + 2% RNA\* + Micros em ppm**

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA\* = Release Nutrients Additive  
(Aditivo de Liberação de Nutrientes)

*Dimenstein*

Exemplos de variações com fórmulas de NPK 16-08-32 ou 16-06-32. A primeira versão é a mais popular com mistura de Ureia microcristal + MAP Purificado + KCl Branco. O pH ficou suavemente ácido entre 5,5 e 6. Na segunda versão foi trocado o MAP Purificado por PeKacid e o pH da fórmula ficou mais ácido entre 3,5 a 4. Na terceira versão, mantendo o PeKacid como fonte de Fósforo e com pH mais ácido, se adicionou 3% de RNA\* como aditivo enriquecendo essa formulação. Na quarta versão retornamos a fonte de P para MAP Purificado e coube na mistura 2% de RNA\*. Na quinta versão sacrificamos 2 unidades de P2O5 na fórmula para usar como aditivos 2% de RNA e um coquetel de Micronutrientes com B, Fe, Mn, Zn, Cu e Mo e cujas concentrações podem ser ajustadas por encomenda.



## Variações para enriquecer NPK



**24-04-24 com pH 5,0 a 6,0 (K 100% KCl)**

**24-04-24 com pH 3,5 a 4,0**

**25-05-25 (K 100% KNO<sub>3</sub>)**

**24-04-24 + 2% RNA\***

**23-03-23 + 5% RNA + Micros em ppm**

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA\* = Release Nutrients Additive  
(Aditivo de Liberação de Nutrientes)

*Dimenstein*

Exemplos de variações com fórmulas de NPK 24-04-24 ou 25-05-25 ou 23-03-23. A primeira versão é a mais popular com mistura de Ureia microcristal + MAP Purificado + KCl Branco. O pH ficou suavemente ácido entre 5 e 6. Na segunda versão foi trocado o MAP Purificado por PeKacid e o pH da fórmula ficou mais ácido entre 3,5 a 4. Na terceira versão, todo o K foi trocado de KCl por Nitrato de Potássio e assim ganhamos 1 unidade de cada NPK passando para 25-05-25. Na quarta versão retornamos ao uso de Ureia + MAP Purificado + KCl Branco e coube na mistura 2% de RNA\*. Na quinta versão sacrificamos 1 unidade de cada NPK para obter 23-03-23 e coube na mistura 5% de RNA + um coquetel de Micronutrientes com B, Fe, Mn, Zn, Cu e Mo e cujas concentrações podem ser ajustadas por encomenda.



## Variações para enriquecer NPK



**06-06-46 com pH 5,5 a 6,0**

**06-06-46 + 3% RNA\***

**06-06-46 + 4% RNA\* com pH 3,5 a 4,0**

**06-06-46 + 1% RNA\* + Micros em ppm**

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

**05-05-45 + 5% RNA\* + Micros em ppm**

RNA\* = Release Nutrients Additive  
(Aditivo de Liberação de Nutrientes)

*Dimenstein*

Exemplos de variações com fórmulas de NPK 06-06-46 ou 05-05-45. A primeira versão é a mais popular com mistura de Ureia microcristal + MAP Purificado + KCl Branco. O pH ficou suavemente ácido entre 5,5 e 6. Na segunda versão foi possível adicionar 3% do aditivo RNA\*. Na terceira versão foi trocado o MAP Purificado por PeKacid e o pH da fórmula ficou mais ácido entre 3,5 a 4, além de conseguir adicionar 4% do aditivo RNA\*. Na quarta versão voltamos a usar MAP Purificado e adicionamos apenas 1% de RNA + um coquetel de Micronutrientes com B, Fe, Mn, Zn, Cu e Mo e cujas concentrações podem ser ajustadas por encomenda. Na quinta versão sacrificamos 1 unidade de cada nutriente no NPK de 06-06-46 para 05-05-45 e assim pudemos adicionar 5% de RNA\* + o coquetel de Micronutrientes. Nesse caso temos flexibilidade de jogar com os aditivos que se em vez de 5% de RNA\* poderíamos usar menos, ou seja, 4% ou 3% e poderíamos aumentar os Micronutrientes nessa mistura.



## Variações para enriquecer NPK



**10-10-40 (K 100% KCl) com pH 5,0 a 6,0**

**10-10-40 (K 100% KCl) com pH 3,0 a 4,0**

**10-10-40 (K 30% KCl e 70%KNO3)**

**09-09-39 + 5% RNA\***

**09-09-39 + 2% RNA + Micros em ppm**

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA\* = Release Nutrients Additive  
(Aditivo de Liberação de Nutrientes)

*Dimenstein*

Exemplos de variações com fórmulas de NPK 10-10-40 ou 09-09-39. A primeira versão é a mais popular com mistura de Ureia microcristal + MAP Purificado + KCl Branco. O pH ficou suavemente ácido entre 5 e 6. Na segunda versão foi trocado o MAP Purificado por PeKacid e o pH da fórmula ficou mais ácido entre 3 a 4. Na terceira versão a alteração ocorreu nas fontes de K em que 30% veio do KCl Branco e 70% do Nitrato de Potássio. Essa opção é para cultivos sensíveis ao Cloreto e assim reduzimos bastante essa matéria prima na mistura. Esses ajustes são apenas exemplos que podem ser efetuados por encomenda customizando a formulação caso a caso. Na quarta e na quinta versões sacrificamos 1 unidade de cada nutriente do NPK reduzindo de 10-10-40 para 09-09-39 e assim pudemos adicionar 5% de RNA\* ou 2% de RNA\* + um coquetel de Micros.



## Variações para enriquecer NPK



**19-19-19 com pH 5,0 a 6,0 (K 100% KCl)**

**18-18-18 com NA + MAP + KNO<sub>3</sub>**

**18-18-18 + 6% RNA + Micros em ppm**

**20-20-20 com pH 3,0 a 3,5 ou 4,0**

**19-19-19 + 3% RNA\***

**19-19-19 + 1% RNA + Micros em ppm**

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA\* = Release Nutrients Additive  
(Aditivo de Liberação de Nutrientes)

*Dimenstein*

Exemplos de variações com fórmulas de NPK 19-19-19 ou 18-18-18 ou 20-20-20. A primeira versão é a mais popular com mistura de Ureia microcristal + MAP Purificado + KCl Branco. O pH ficou suavemente ácido entre 5 e 6. Na segunda versão foram trocadas a Ureia por Nitrato de Amônio e o KCl Branco por Nitrato de Potássio, que são matérias primas usadas em hidroponias e cultivos em substratos, evitando uso de Ureia e de Cloretos e as garantias se reduzem para 18-18-18. Na terceira versão voltamos a usar as matérias primas Ureia microcristal + MAP Purificado + KCl Branco e sacrificamos também 1 unidade de cada NPK de 19-19-19 para 18-18-18 para que possamos adicionar RNA\* + um coquetel de Micronutrientes. Na quarta versão trocamos MAP Purificado por PeKacid para acidificar a fórmula entre pH 3 a 4 e conseguimos aumentar as garantias de NPK para 20-20-20. Nas quinta e sexta versões temos 19-19-19 enriquecidos com 3% de RNA\* ou 1% de RNA\* + um coquetel de Micros.



**NPK com Polyfosfato + PeKacid** com opcionais de Micronutrientes + RNA\* - Foi desenvolvido uma nova matéria-prima baseada em Polyfosfato + PeKacid cujo resultado tem o pH suavemente ácido ~6. Serve perfeitamente para formar fórmulas solúveis de NPK com baixo teor de Fósforo porque será mais eficiente e mais disponível às raízes por ter menor adsorção nas argilas. Exemplos de NPK com Polyfosfato + PeKacid:

## **Fosfatos Livres nas Argilas** **Novas fórmulas para fertirrigação**

**05-05-50**

**35-05-10**

**15-05-35**

**23-10-23**

Esses fertilizantes NPK serão de grande contribuição para aumentar a eficiência de absorção dos Fosfatos. Essas fórmulas também podem ser enriquecidas com Micronutrientes e com aditivos como RNA\* de modo similar ao descrito anteriormente. Polyfosfato não deve ser utilizado individualmente ou puro porque tem pH alcalino sendo prejudicial para o próprio Fosfato como nutriente para as plantas e para a maioria dos Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e B) que se tornam insolúveis em meio alcalino. A sua combinação com PeKacid traz duas vantagens, que além de obter o pH suavemente ácido em torno de pH 6, passa a ter poder tampão para esse nível de pH. O adequado então é usar *blends* de NPK com baixo nível de fosfato porque estes terão alta disponibilidade e eficiência.



### **34. É possível usar Extratores de Solução do Solo (ESS) em cultivos de sequeiro?**

Uso de extratores de solução do solo em cultivos irrigados x cultivos de sequeiro. O uso em lavouras irrigadas já é rotina para muitos agricultores, que podem via fertirrigação efetuar as correções de dosagens; entretanto em cultivos de sequeiro temos alguns artifícios para se utilizar esse método. Os tubos extratores precisam sugar a solução do solo sob vácuo e colocar vácuo nesses tubos com auxílio de uma seringa normalmente de 60 ml, apenas quando o solo estiver molhado e isso ocorre após uma chuva ou temos que simular molhando manualmente com um balde d'água em volta dos tubos extratores e assim faz-se vácuo nos tubos. Não se conseguiria em solo seco ou com baixa umidade. É questionável o que fazer com os resultados das análises nas áreas de sequeiro, mas a curiosidade humana fala mais alto e tem gente medindo áreas de sequeiro, normalmente após alguma chuva para identificar o que de fato está disponível para as plantas naquela área.

Depois que se obtém informações do status nutricional nas áreas de sequeiro e sim identificamos deficiências, por exemplo, temos que tomar decisões como efetuar aplicação complementar de cobertura ou alguma aplicação foliar. Essas atitudes jamais seriam decididas sem as medições que a solução do solo nos informa, embora não seja rotineiro ter esse tipo de coleta nos cultivos de sequeiro. O conceito de análise da solução do solo é originado em cultivos irrigados para auxiliar nas decisões de manejo e são mais facilmente corrigidos via fertirrigação. Ao efetuar coleta no sequeiro, podemos até identificar alguns problemas nutricionais, mas não teremos a ferramenta de correção que é o sistema de irrigação para ajustes via fertirrigação.



### **35. Quais são as características que fazem do gotejamento o sistema de irrigação mais eficiente entre todos os outros?**

Se a irrigação por gotejamento fosse apenas para fornecer água enquanto que os fertilizantes fossem aplicados de modo convencional por base + cobertura, não haveria grande vantagem. Entretanto, a possibilidade de aplicação de fertilizantes solúveis em pequenas e frequentes doses mantendo o volume úmido do solo junto as raízes com salinidade em concentrações aceitáveis sem flutuações típicas de adubações pesadas seguidas de várias irrigações apenas com água que causam diluições e lixiviações. Esse seria o “efeito sanfona” para a salinidade causada pelos fertilizantes, quando que o ideal é manter a concentração dos sais fertilizantes com pouca variação. O melhor manejo seria sempre que se irriga se fertirriga. Porém é comum, por falta de automação ou por falta de planejamento, se irrigar por exemplo diariamente e se fertirrigar uma vez por semana, ou outro intervalo.

O gotejamento permite economia de água e de fertilizantes ao destinar as fertirrigações apenas ao volume molhado de solo em vez de área total. É chamado de eficiência de uso dos fertilizantes, disparado é via gotejamento o melhor.

A fertirrigação via gotejamento permite fornecimento da demanda fisiológica dos cultivos para os nutrientes de acordo com a dose que convém manipular e a fonte seja mais adequada para correções de pH no bulbo molhado e com frequência para otimizar a disponibilidade dos nutrientes.

Gotejamento permite em alguns cultivos a irrigação de subsuperfície, ou seja, gotejo enterrado a cerca de 20 – 30 cm de profundidade, mais comum para cultivos perenes, embora possa também ser usada em



anuais. As mangueiras enterradas têm maior vida útil por estarem protegidas da radiação solar na superfície e ficam a temperaturas mais amenas. Há considerável economia de água que estima-se de até 30%.

Gotejamento de superfície ou de subsuperfície evita de molhar a parte aérea que é bem-vinda para reduzir os ataques principalmente de alguns fungos e também de bactérias que gostam das folhas úmidas.

Gotejamento pode ser acionado em qualquer situação climática, seja com ventos, com qualquer faixa de temperaturas, qualquer horário.

Para topografias não planas, há a tecnologia do gotejamento autocompensante e antidrenante, que mantém a vazão indicada pelo fabricante do primeiro ao último emissor ao longo da linha lateral de gotejamento, seja subindo ou descendo ladeira, e ao encerrar o tempo de rega e o sistema pressurizado parar de bombear água, as mangueiras param de gotejar, normalmente quando a pressão fica  $<0,4$  ATM e a água fica dentro das mangueiras sem drenar esperando a próxima rega. Essa tecnologia é desejável em linhas laterais longas quando a vazão é uniforme ao longo de toda a linha.



## Resumo de curriculum do autor:

**Luiz Dimenstein** - M.Sc.Agr. - *Master Science of Agriculture* - Especialista em Fertirrigação e Nutrição Vegetal. Atual consultor da Dimenstein Consultoria para temas de agricultura intensiva.

- Graduado em Agronomia pela **Universidade Federal Rural de Pernambuco** em 1985.
- Mestrado em Ciências da Agricultura, pela **Faculdade de Agricultura de Rehovot, da Universidade Hebraica de Jerusalém**, Israel, em 1990 e do departamento de horticultura no **Vulcani Center**, entre 1988-1990.
- Agrônomo das empresas de sementes **Zeraim Gedera e Hazera** entre 1991-1995.
- Agrônomo convidado pelo Ministério da Agricultura e Ministério das Relações Exteriores de Israel para suporte técnico e cursos no exterior sobre agricultura, irrigação e **fertirrigação**, em 1995.
- Consultor no Brasil pela empresa **Dimenstein Consultoria Ltda.** para assuntos de **fertirrigação** para cerca de 60 empresas de cultivos irrigados diversos como tomate, melão, melancia, aspargos, uva, manga, batata, coco, algodão, cana de açúcar, hortaliças, café, citros, etc., a partir de 1996 e atualmente.
- Gerente técnico e de pesquisas da **Haifa Química do Brasil Ltda.**, entre 1999-2004.
- Experiência internacional como palestrante em congressos e seminários internacionais sobre **Fertirrigação** no México (Cidade do México 2000 e Puerto Vallarta 2002), EUA em Miami (2001) e Orlando (2005), Israel (Tel Aviv 2000, 2008, 2009, 2011 e Haifa 2003, 2014, 2015), Espanha (Barcelona 2003), Venezuela (Caracas 2004), Argentina (Mendoza 2011), Peru (Lima 2011, 2014, 2016),



Holanda (Amsterdam 2015). E no Brasil cerca de 50 palestras em eventos regionais e nacionais.

- Autor da patente do choque de pH usando fertilizantes PK de pH extremos ou muito ácidos ou muito alcalinos via foliar para redução de ataques de pragas e doenças que são inibidas por ação de contato por solução de pH extremos. (submetido em 2009 e aprovado em 2013)
- Gerente de negócios e desenvolvimento para fertilizantes especiais da **ICL Brasil Ltda.**, do Grupo ICL – Israel Chemical Ltd. (2007 – 2017).
- Consultor da ADOB – Polônia, fabricante de fertilizantes quelatados e sais solúveis para foliar e fertirrigação. A partir de 2018.



## Bibliografia

1. Mottes, A. Manual de instruções de Mottes Tensiômetros Ltd. Israel. Análises da solução nutritiva do solo e o Método dos extratores de solução do solo à vácuo. 2001.
2. Manual de interpretação de análises de solo e solução do solo, Hach, USA, 1992.
3. Navarro, G. G. y Navarro, S. B. Química Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa. 488pp. 2000.
4. Bagueño, H. La Fertigación en Cultivos Hortícolas con Acolchados Plásticos, Bursag, s.c. México. Vols 1, 2 y 3, 1999.
5. Kramer, P. J. and Boyer, J. S. Íon Transport and Nitrogen Metabolism, in Water Relations of Plants and Soil, Associate Press – AP, pp 283-315, 1995.
6. Steudle, Ernest, Water uptake by roots: effects of water deficit. Journal of Experimental Botany, Vol. 51, No.350, pp 1531 – 1542, 2000.
7. Oparca, J. Karl and Santa Cruz, Simon, THE GREAT ESCAPE: Phloem Transport and Unloading of Macromolecules. In Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51:323-347, 2000.
8. Raghothama, K. G., Phosphate Acquisition. In Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:665-693, 1999.
9. McCully, Margaret E., ROOTS IN SOIL: Unearthing the Complexities of Roots and Their Rhizospheres. In Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:695-718, 1999.
10. Schachtman, D. P et al. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. Plant Physiology, 116:447-453, 1998.



11. Smith, J. L. and Doran, J. W. Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis. In Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America, Special Publication 49, 169-186, 1996.
12. Lindsay, W. L. and Catlett, K. M. Chemistry of the Soil Solution. In Plant Physiology. Soil Science Society of America, pp 123-140, 1998.
13. Kafkafi, U and Tarchitzky, J., Fertigation – A tool for efficient fertilizer and water management, International Fertilizers Industry Association (IFA) and International Potash Institute (IPI). 1<sup>st</sup> ed. Paris. 141 pp. 2011.
14. Marschner, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, London. 892 pp. 1995.
15. Taiz, L and Zeiger, E. Plant Physiology. 6<sup>th</sup> ed. [www.sinauer.com/plant-physiology-and-development.html](http://www.sinauer.com/plant-physiology-and-development.html) 761pp. 2015.
16. Heldt, H. W. and Piechulla, B. Plant Biochemistry 4<sup>th</sup> ed. Academic Press, Elsevier. London. 618 pp 2011.
17. Raven, P. H. et al. Biology. 9<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill. New York. 1406pp. 2011.
18. Campbell, N. A. et al. Biology. 7<sup>th</sup> ed. Pearson editor. San Francisco. 920pp. 2012.
19. Burdge, J. Chemistry. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill. New York. 1121. 2011.
20. Tro, N. J. Chemistry – A Molecular Approach. 2<sup>nd</sup> ed. Pearson Prentice Hall editor. New Jersey. 1228pp. 2011.
21. Berg, J. M. et al. Biochemistry. 7<sup>th</sup> ed. W. H. Freeman and Company editor. New York. 1224PP. 2012.



22. Miller, A and Hills, A. The importance of soil pH, Farm note 78/2000. Agriculture Western Australia. 4pp. 2000.
23. Addiscot, T. M. et al. Nitrate, Agriculture and Environment. CABI Publishing. London. 2005.
24. Stern, K. et al. Plant Biology. 12<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill. New York. 641pp. 2011.
25. Alberts, B et al. Molecular Biology of the Cell. Sixth Edition. Garland Science. New York. 1465pp. 2015.
26. Gregory, P. J. Plant Roots – Growth, activity and interaction with soils. Blackwell Publishing. Oxford. 340pp. 2006.
27. Lehninger, A. et al. Principles of Biochemistry. Seventh Edition, W. H. Freeman and Company. New York. 1294pp. 2017.
28. Bettelheim, F. A. et al. Introduction to General, Organic and Biochemistry. Tenth Edition. Brooks/Cole – Cengage Learning. Belmont, CA, USA. 1032pp. 2013.
29. Oxtoby, D. W. et al. Principles of Modern Chemistry. Sixth Edition. Thomson - Brooks/Cole. Belmont, CA, USA. 1104pp. 2008.
30. Voet, D. et al. Fundamentals of Biochemistry – Life at molecular level. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. 1204 pp. 2013.
31. Sonneveld, C. and Voogt W. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. First Edition. Springer. London. 432pp. 2009.
32. Amancio, S. and Stulen, I. Plant Ecophysiology – Nitrogen Acquisition and Assimilation in Higher Plants. Volume 3. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 304pp. 2004.
33. Haider, K and Schaffer, A. Soil Biochemistry. Science Publisher. Enfield, NH, USA. 129pp. 2009.



34. Laird, B. B. University Chemistry. McGraw-Hill. First edition. New York. 994pp. 2009.
35. Dimenstein, L. Fertirrigação e Nutrição Vegetal, Frutal edição, Fortaleza, Brasil, 118pp. 2014.
36. Wiedenhoeft, A. C. Plant Nutrition, The Green World. Chelsea House Publishers. New York, NY. USA. 2006.
37. Shabala, S. Plant Stress Physiology. CABI, 2<sup>nd</sup> Edition. Oxfordshire, UK 378pp. 2017.
38. Paye, H. S. et al. Novas tecnologias para avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. Incaper em Revista, Vitória, v.9, p. 42-50, jan/dez 2018. ISSN 2179-5304.



# Manejo de Fertirrigação

## Regra de Ouro da Fertirrigação

### Perguntas e Respostas sobre Fertirrigação

**Luiz Dimenstein**

*Método para dosagem de  
fertirrigação por concentração*

